

Pekka Mild

Tienpidon painotuksiin ja rahanjakoon liittyvän päättöksenteon tukeminen monitavoiteoptimoinnilla

Tiehallinnon selvityksiä 38/2009



TIEHALLINTO
VÄGFÖRVALTNINGEN

Pekka Mild

**Tienpidon painotuksiin ja
rahanjakoon liittyvän
päätöksenteon tukeminen
monitavoiteoptimoinnilla**

Tiehallinnon selvityksiä 38/2009

Tiehallinto

Helsinki 2009

Kannen kuvat: Pekka Mild

Verkkojulkaisu pdf (www.tiehallinto.fi/julkaisut)

ISSN 1459-1553

ISBN 978-952-221-289-4

TIEH 3201152-v

TIEHALLINTO

Keskushallinto

Opastinsilta 12 A

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0204 22 11

Pekka Mild: Tienpidon painotuksiin ja rahanjakoon liittyvän päätöksenteon tukeminen monitavoiteoptimoinnilla. Helsinki 2009. Tiehallinto, Keskushallinto. Tiehallinnon selvityksiä 38/2009, 39 s. + liitt. 1 s. ISSN 1459-1553, ISBN 978-952-221-289-4, TIEH 3201152-v.

Asiasanat: Mallintaminen, optimointi, päätöksenteko, tienpito, ylläpito, hoito, vaikutukset
Aiheluokka: 02, 70, 71

TIIVISTELMÄ

Perustienpito käsittää olemassa olevan tieverkon ylläpidon, hoidon ja alueelliset investoinnit, joilla turvataan verkon toimintakunto ja päivittäinen liikennöitävyys. Tiehallinnossa perustienpidon tuotteiden välinen rahanjako on perustunut pitkälti vakiintuneisiin käytäntöihin ja jako-osuuksiin. Tuotekohtaisissa toimintalinjoissa ja rahoitustarveanalyysissä määritellään keskenään kilpailevia tarpeita, joita ei voida kaikkia tyydyttää samanaikaisesti näköpiirissä olevalla kokonaisrahoitustasolla. Systemaattiselle priorisoinnille ja pitkän tähtäimen kokonaisuuden hallintaa tukeville menetelmille on alati kasvavaa tarvetta, ja nykytrendin mukaisesti toimintamallien tulisi vieläpä perustua rahoituksella saavutettavien vaikutusten ohjaamiseen ja painottamiseen.

Tässä työssä on kehitetty menetelmä perustienpidon tuotteiden välisen rahanjaon monitavoitteiseen tarkasteluun keskipitkällä 5 vuoden aikajänteellä. Jakoa ohjataan rahoitustasomuutoksilla aikaansaataavaksi arvioituja vaikutuksia painottamalla. Raportissa kuvataan yleisempi konsepti verkkotason ohjauksen mallintamiseen ja vaikutusten arviointiin sekä tämän konseptin jalkauttava laskentamalli ja sen esimerkkituloksia. Esitettävät numeeriset laskentatulokset perustuvat projektiryhmän toteuttamiin karkeisiin arviointeihin, ja niiden tehtävänä on ainoastaan havainnollistaa minkä tyyppisiä tulosteita mallista saadaan ja millaisia analyysimuotoja malli mahdollistaa.

Mallin määrittely- ja arviointivaiheessa tuotteille, joita ovat muun muassa päälystettyjen teiden ylläpito ja talvihoito, asetetaan vuotuiselle rahoitukselle tarkasteltavat vaihteluvälit nykyisen tason ympärille. Tuotteen fyysisen tilan kehitys ja edelleen tilan aiheuttamat vaikutukset arvioidaan seitsemälle kiinteälle rahoitustasovaihtoehdolle. Arvioinnissa laaditaan tuotteille *verkkotason vaikutusakselit* ja määritetään rahoituksen *vaikutuspotentiaali* liikenneturvallisuuden parantamisen, korjausvelan vähentämisen, asiakastytyväisyyden parantamisen ja liikkumisen kustannusten alentamisen suhteen. Vaikutusakselit skaalataan pisteiksi, ja rakennettu optimointimalli laskee erilaisia tehokkaita rahoitusallokaatioita pisteiden epätäydellisen painotuksen ohjaamana.

Laskentamallin keskeisiä tuloksia ovat *ydinlukutaulukot* ja *vaikutuspotentiaalien täyttymisastekuvaajat*. Ydinlukutaulukoista voidaan tarkastella millaisille vaihteluväleille kunkin tuotteen rahoitus asettuu erilaisissa tehokkaissa allokaatioissa ja kuinka paljon tehokas rahoitustaso keskimäärin poikkeaisi tuotteen nykytasosta. Vaikutuspotentiaalien täyttymiskuvaajista nähdään kuinka suuri osa kunkin vaikutusalueen potentiaalista saadaan täytettyä erilaisilla kokonaisrahoitustasoilla. Mallilla voidaan tarkastella nollasummapeliä, eli nykyisen kokonaisrahoitustason (uudelleen)allokointia tai kokonaisrahoituksen leikkausten ja lisäysten kohdistamista tuotteille erilaisilla painotuksilla.

Työssä kehitetty konsepti ja malli luovat tukevan lähtökohdan rahoituksen ohjauksen ja vaikutusten arvioinnin menetelmien pitkäjänteiselle kehittämiselle. Kehitystyön seuraaviksi askeleiksi projektiryhmä suosittelee väylänpidon verkkotason tavoitteiden ja vaikutusmittareiden operationalisointityötä ja verkkotason vaikutusten arviointiin tarttumista. Molemmat askeleet ovat erittäin haastavia, mutta samalla välttämättömiä luotettavien monitavoiteanalyysien ja vaikutusten kvantitatiivisen ohjauksen mahdollistamiseksi.

SAMMANFATTNING

Grundunderhållet av vägar omfattar grundhållning och regelbundna reparationer av det befintliga vägnätet. Vägförvaltningen (Finnra) indelar grundunderhållet i olika *produkter* enligt typ av underhåll och finansiering. Resursallokeringen för de olika produkterna har baserat sig på fasta strategiska principer och rätt stabila procentandelar. Separata produktspecifika analyser pekar på konkurrerande finansieringsbehov, som inte kan tillgodoses samtidigt med återhållsam finansiering. Följaktligen finns det ett växande behov för analytiska metoder för att stöda den komplexa resursfördelningen. Resurser ger medel för underhållsaktiviteter, som ändrar vägnätets fysiska skick, som påverkar trafikanter och samhälle. Under idealiska förhållanden borde mätningen av dessa effekter i slutet av den i fråga varande räckan, de därtill uppställda målen och avvägningspreferenserna för deras uppnående fungera som styrmekanismer för allokeringsbeslut gjorda i början av räckan.

Rapporten beskriver en metod utvecklad för att stöda resursallokeringen på vägnätsnivå bland underhållsprodukter med hänsyn till multipla verkningsdimensioner och ett medellångt tidsintervall på 5 år. Metoden baserar sig på en modellering av räckan *finansiering – fysiskt tillstånd – verkningar* och den ger möjlighet till alternativa allokeringar av finansieringar baserade på avvägningar mellan de multipla verkningarna. Rapporten beskriver ett generiskt koncept och en kalkylmodell för dess genomförande samt belysande resultat baserade på verkliga data.

I modellen tillskrivs varje produkt ett skapligt finansieringsutrymme kring den nuvarande årliga finansieringsnivån. Den förväntade utvecklingen av respektive produkts fysiska tillståndsinikatorer och den åtföljande utvecklingen av verkningsmått utvärderas för sju separata finansieringsalternativ inom varje produktspecifikt intervall. Utvärderingen fastställer verkningsutsikter på vägnätsnivå för respektive produkt med hänsyn till fyra verkningsutsikter: *bättre vägsäkerhet, tillgångsskydd, kundbelåtenhet* och *minimerade körkostnader*. Den nyligen utvecklade portföljanalysmetoden Robust Portfolio Modeling (RPM) antyder att modellen ger uppsättningar av effektiva allokeringar baserade på en ofullständig viktning av de olika verkningsdimensionerna.

Resultaten av modellen utmynnar i *core index tabeller* och *verkningsutsiktsgrafik*. Core index tabellerna utvisar vilka de effektiva finansieringsintervallen är för respektive produkt och hur finansieringen borde modifieras från sin nuvarande nivå. Verkningsutsiktsgrafiken visar hur mycket av respektive verkning som kan uppnås med olika finansieringsnivåer och hur en ändring av viktningen av de verkningsdimensionerna förändrar prestationsnivåerna. Modellen kan användas för analys i ett nollsummespel, dvs. (åter)allokeringen av den nuvarande totala budgeten, liksom allokeringen av marginella nedskärningar/ökningar, ifall den totala budgeten skulle ändra.

Det generiska konceptet och den använda kalkylmodellen ger en fast grund för vidareutveckling av mätningar i fråga om underhållseffekter och av analysverktyg för att stöda resursallokeringen. De föreslagna nästföljande stegen omfattar en ingående operationalisering av effekterna på vägnätsnivå och av de tekniska produktutvärderingarna. Svaren utgör viktiga kvantitativa underlag för såväl det strategiska beslutsfattandet som kommunikationen.

Pekka Mild: Supporting road maintenance resource allocation and strategic decision making with multiple criteria decision analysis. Helsinki 2009. Finnish Road Administration, Central Administration. Finnra reports 38/2009, 39 p. + app. 1 p. ISSN 1459-1553, ISBN 978-952-221-289-4, TIEH 3201152-v.

SUMMARY

Basic road maintenance stands for the routine operation and periodic rehabilitation of the existing network. At the Finnish Road Administration (Finnra), basic maintenance is organized into various *products* according to different types of maintenance activities and asset types. Resource allocation among the different products has been based on fixed strategic principles and rather stable percentages. Separate product-specific analyses indicate competing funding needs that cannot be satisfied simultaneously with scarce funding. Thus, there is an increasing demand for analytical methods to support the complex resource allocation processes. Resources give means to perform maintenance activities, which change the physical conditions on the road network, which have impacts on road users and societies. Ideally, measurement of these impacts at end of this chain, objectives set for them and trade-off preferences for their achievement should serve as the steering mechanism for allocation decisions taken at the beginning of the chain.

This report describes a method developed to support network-level resource allocation among maintenance products in view of multiple impact dimensions and a medium long time horizon of 5 years. The method builds on the modeling of the chain *funding – physical state – impacts*, and it enables the analysis of alternative funding allocations based on trade-offs between the multiple impacts. The report describes a generic concept and a computational model to implement it, as well as illustrative results based on real data.

In the model, each product is assigned an allowed funding interval around its current annual funding level. Expected development of each product's physical state indicators and the subsequent development of the impact measures are evaluated for seven discretized funding alternatives within each product-specific interval. The evaluation determines network-level impact potentials for each product with regard to four impact dimensions: improvement of *road safety*, *asset value* preservation, improvement of *customer satisfaction* and minimization of *driving costs*. By applying the principles of recently developed Robust Portfolio Modeling (RPM) portfolio decision analysis methodology, the model suggest sets of efficient allocations based on incomplete weighting of the different impact dimensions.

Key results of the model are *core index tables* and *impact potential graphs*. The core index tables show which are the efficient funding intervals for the different products and how the funding should be shifted from its current level. The impact potential graphs show how much of each impact can be achieved with different funding levels and how the change of weighting changes the achievement levels. The model can be used for the analysis of a zero-sum game, i.e., (re)allocation of current total budget, as well as the allocation of marginal cuts/increases, if the total budget changes.

The generic concept and the implemented computational model provide a solid basis for further development of the measurement of maintenance impacts and analytical tools to support resource allocation processes. Suggested next steps include an in-depth operationalization of network level impacts and the technical product evaluations. The results provide important quantitative support for strategic decision making and communication alike.

ESIPUHE

Kesäkuussa 2008 päivätyssä työohjelmassa on kirjattu projektin kuvauksen ensimmäiseksi virkkeeksi: "Työssä kehitetään menetelmiä ja toimintatapoja tienpidon painotuksiin ja rahanjakoon liittyvän monitavoitteisen päätöksenteon tueksi". Alun perin tarkoituksena oli laajentaa VOH-ohjelmassa kehitettyä monitavoiteoptimointimallia, mutta työn edetessä menetelmällistä lähestymistapaa uudistettiin ja siihen yhdistettiin aineksia muun muassa vaikuttavuuden arvioinnin menetelmästä. Tuloksena on uusi arviointi- ja laskentamalli, jolla tuetaan perustienpidon tuotteiden välisen rahanjaon tarkastelua rahoitustasomuutosten aiheuttamien vaikutusten kautta.

Varsinaisen mallin toteutuksen ja sen esimerkinomaisten laskentatulosten lisäksi työn keskeistä antia ovat perustienpidon verkkotason rahoituksen allokoinnin mallinnuskonsepti ja verkkotason vaikutusten arvioinnin periaatteet. Yhdessä nämä luovat tukevan lähtökohdan rahoituksen ohjauksen ja vaikutusten arvioinnin menetelmien pitkäjänteiselle kehittämiselle.

Selvitys on tehty osana Liikennejärjestelmän taloudellisuus tutkimusohjelmaa (TaTe). Selvitystä on ohjannut projektiryhmä, johon ovat kuuluneet:

Timo Järvinen, puheenjohtaja
Vesa Männistö, pj. 1.9.2009-
Anton Goebel
Janne Lintilä

Tiehallinto, Kaakkois-Suomen tiepiiri
Tiehallinto, Keskushallinto / AP
Tiehallinto, Keskushallinto / AP
Tiehallinto, Hämeen tiepiiri

Lisäksi projektiryhmän työtä ovat avustaneet Rainer Vikman (Tiehallinto, Kaakkois-Suomen tiepiiri) ja Olli Penttinen (Tiehallinto, Keskushallinto / AP). Työn etenemisestä on raportoitu myös Tiehallinnon talousjohtaja Timo Hiltuselle. Konsultti kiittää projektiryhmää mittavasta panostuksesta työhön.

Selvityksen on laatinut Pekka Mild Pöyry Infra Oy:stä. Selvitystyöhön on osallistunut myös Mikko Inkala Pöyry Infra Oy:stä.

Helsingissä joulukuussa 2009

Tiehallinto

Sisältö

1	JOHDANTO	11
1.1	Tausta	11
1.2	Tavoitteet	11
1.3	Raportin rakenne	12
2	MONITAVOITTEINEN PÄÄTÖSANALYYSI	12
2.1	Ongelman jäsentäminen ja päätöstukimenetelmät	12
2.2	Tienpidon painotuksiin ja rahanjakoon liittyvän päätöksenteon tukeminen päätösanalyysin näkökulmasta	14
3	MALLINNUSKONSEPTI	15
3.1	Mallinnuskonsepti	15
3.2	Mallirakenne – konseptin implementointi	18
3.3	Mallinnettavat tuotteet ja rahoituksen vaihteluvälit	21
3.4	Mallinnettavat vaikutusalueet	22
3.5	Rahoituksella saatavien vaikutusten arvioinnin periaatteet	24
4	LASKENTAMALLI	25
4.1	Yksittäisen tuotteen vaikutuspotentiaali	25
4.2	Vaikutuspotentiaalien normeeraaminen pisteiksi	28
4.3	Monen tuotteen yhteisvaikutus	29
4.4	Kokonaisvaikutus ja vaikutusalueiden painokertoimet	32
4.5	Epätäydellinen informaatio painokertoimista	34
4.6	Optimointimalli ja rajoitusehdot	35
4.7	Laskentamallin sisältämät oletukset	38
4.8	Tuotteiden ja vaikutusten suora suuruusluokkapisteytys	39
5	ESIMERKKITULOKSIA	41
5.1	Tulosten laskenta	41
5.2	Ydinlukutaulukot	42
5.3	Vaikutusten painotuksen merkitys	44
5.4	Kokonaisbudjetin muutokset ja ohjaavat rajoitusehdot	46
5.5	Vaikutuspotentiaalien täyttymisasteet	49
6	YHTEENVETO JA SUOSITUKSET	52
6.1	Mallikokonaisuuden arviointi	52
6.2	Kehitys- ja tietotarpeet	55
6.3	Suosituks	56
7	VIITTEET	58
8	LIITTEET	59

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Perustienpito käsittää olemassa olevan tieverkon ylläpidon, hoidon ja alueelliset investoinnit, joilla turvataan verkon toimintakunto ja päivittäinen liikennöitävyys. Perustienpidon tuotteiden välinen rahanjako on perustunut melko vakiintuneisiin rahoitusosuuksiin, joihin tehdään pieniä sopeutuksia muun muassa kokonaisrahoitustason asettamien paineiden ja tuotekohtaisten selvitysten perusteella. Tienpidon strategia määrittää varsin tiukat raamit ja perusteet tuotteiden rahoitusosuuksien mahdollisille muutoksille. Tuotekohtaisissa toimintalinjoissa määritellään tavoitteelliset rahoitustasot – rahoitustarveanalyysien tarkkuustaso ja periaatteet kuitenkin poikkeavat tuotteiden välillä suurestikin, eikä näköpiirissä oleva kokonaisrahoitustaso mahdollista kaikille tuotteille määriteltyjen tarpeiden samanaikaista toteuttamista.

Perustienpidossa, ja laajemmin väyläpidossa, onkin tarpeita yhtenäiselle viitekehykselle, jolla tarpeisiin nähden riittämättömän rahoituksen jakoa tuotteiden välillä voidaan tarkastella analyttisesti. Viimeaikaisen kehityksen mukaisesti tarkastelu tulisi tehdä rahoituksella saavutettavien (yhteismitallisten) vaikutusten kautta. Kyseessä on erittäin haastava ”ikuisuusongelma”, jonka mallintaminen tyhjentäväksi analyysi- ja ohjausjärjestelmäksi lienee mahdotonta. Jo karkeallakin mallilla voidaan kuitenkin tukea päätöksenteon perusteltavuutta, tarjota uusia analyysimuotoja ja näkemyksiä sekä pohjustaa perustienpidon vaikutusten määrittelyä ja ohjaamista.

VOH-tutkimusohjelmassa kehitettiin monitavoiteoptimointimalli tienpidon tuotteiden välisen rahanjaon tarkasteluun (Tiehallinto, 2007b). Mallilla arvioitiin tuotteiden laatutasojen vaikutuksia ja analysoitiin rahanjakoa vaikutusten erilaisilla painotuksilla. Malli koettiin kiinnostavaksi ja sen mahdollistamia analyysimuotoja pidettiin hyödyllisinä. Monitavoiteoptimoinnin menetelmiä on hyödynnetty myös siltojen korjausohjelmoinnin tukemiseen useissa tiepiireissä (Tiehallinto, 2006a). Vaikutusten hallinnan tutkimusohjelmassa puolestaan kehitettiin tienpidon vaikutuskartta (Tiehallinto, 2007a) ja hanketasolla sovellettava vaikuttavuuden arvioinnin menetelmä, jonka keskeinen osa on vaikutusten kuvaaminen vaikutusakseleiden avulla (Tiehallinto, 2006b). Nämä selvitykset toimivat tämän työn menetelmällisinä lähtökohtina.

1.2 Tavoitteet

Työn tavoitteena on ollut kehittää menetelmä perustienpidon tuotteiden välisen rahanjaon monitavoitteiseen tarkasteluun. Menetelmän kehittämisen yhteydessä on selvitetty tuotteiden väliseen rahanjakoon kytkeytyviä päätöskitarpeita, puutteita nykyisessä tietämyksessä ja menetelmissä sekä monitavoiteoptimoinnin soveltamisen edellytyksiä ja mahdollisia hyödyntämismuotoja osana päätöksentekoprosessia.

Menetelmä tukee verkkotason tarkastelua keskipitkällä (5 vuotta) aikajänteellä. Kaikkien tuotteiden perustilana toimii niiden nykyinen rahoitustaso, josta sallitaan melko radikaaleja muutoksia molempiin suuntiin. Nykyisin

noudatettavista strategisista valinnoista poiketen hoidonkin rahoitus on vapautettu liikkumaan tarvittaessa myös alaspäin nykytasostaan. Laskentamallissa rahoituksen allokointi perustuu tuotteiden vaikutuksiin *liikenneturvallisuuden, korjausvelan, asiakastytyvyyden sekä aika- ja ajoneuvokustannusten* suhteen. Vaikutusten painotukset vaikuttavat tuotteiden väliseen rahanjakoon. Mallilla tarkasteltavia kysymyksiä ovat muun muassa:

- Miten nykyinen perustienpidon kokonaisrahoitus kannattaisi allokoida kokonaisvaikuttavuuden maksimoimiseksi?
- Mitä jonkin tuotteen rahoitustason muuttaminen merkitsee muiden tuotteiden ja kokonaisvaikuttavuuden kannalta?
- Miten tuotteiden välinen optimaalinen allokaatio muuttuu vaikutusten painotuksia muutettaessa?
- Kuinka suuri osuus eri vaikutusalueiden vaikutuspotentiaalista saadaan täytettyä erilaisilla rahoitustasoilla?
- Mihin tuotteisiin kokonaisrahoitustason leikkaukset tai lisäykset kannattaisi kohdistaa?

Työ on vahvasti T&K-henkinen, painopisteenä uuden mallinnuskonseptin ja menetelmän kehittäminen sekä sen hyödyntämismuotojen ja toteutettavuuden arviointi. Kehitystyö on jatkumoa aiemmista selvityksistä, joten kansainvälistä kirjallisuuskatsausta tai muuta kartoitusta muualla käytetyistä menetelmistä ei ole tehty laajamittaisesti. Koska kyseessä on laskentamenetelmän kehittäminen, myös lukujen tuottaminen on ollut tärkeä osa työtä menetelmän testaamiseksi, konkretisoimiseksi ja havainnollistamiseksi. Tässä raportissa esitettävät tuotekohtaiset luvut ja niiden perusteella lasketut esimerkkitulokset perustuvat karkeisiin suuruusluokka-arvioihin, eivätkä siten edusta "täydellisiä" ja perusteellisia arvioita tuotteiden käyttäytymisestä ja vaikutuksista. Arviointiprosessia ja menetelmän käyttöä ei myöskään ole vielä työstetty kunnollista toistettavuutta mahdollistavaksi menettelytapaohjeeksi.

1.3 Raportin rakenne

Raportti on kaksiosainen: Kappaleissa 2-4 kuvataan menetelmän rakentaminen ja yksityiskohdat. Kappaleissa 5-6 esitellään esimerkkituloksia, menetelmän hyödyntämistä sekä jatkokehityssuosituksia. Kappaleessa 2 esitellään lyhyesti monitavoitteisen päätösanalyysin perusteita ja pohditaan tienpidon haastetta päätösanalyysin sovelluskohteena. Kappaleessa 3 kuvataan mallinnuskonsepti, käsiteltävät tuotteet ja vaikutusalueet. Kappaleessa 4 esitellään varsinainen laskentamalli yksityiskohtaisemmin. Kappaleessa 5 esitellään mallin tulosten tulkintaa ja sekä projektissa kerätyillä suuruusluokka-arvioilla laskettuja havainnollistavia tuloksia. Kappaleessa 6 arvioidaan mallin hyödynnettävyyttä sekä listataan jatkokehitystarpeita ja suosituksia.

2 MONITAVOITTEINEN PÄÄTÖSANALYYSI

2.1 Ongelman jäsentäminen ja päätöstukimenetelmät

Monitavoitteisen päätösanalyysin perusasetelma on yksinkertainen: tarjota menetelmällistä tukea päätöstilanteisiin, joissa vaihtoehtojen tulee tyydyttää useita tavoitteita samanaikaisesti eikä yksikään vaihtoehtoista ole paras

kaikkien tavoitteiden suhteen. Menetelmillä tuetaan muun muassa vaihtoehtojen arviointiprosessia, erimitallisten tavoitteiden mittaamista ja arvostusten käsittelyä, vaihtoehtojen välisten erojen esiintuomista ja keskeisten valintakysymysten korostamista. Päätösanalyysin keskeisimpiä tehtäviä on ongelman strukturointi, eräänlainen osiin pilkkominen, jolloin kysymyksenasettelut ja valintatilanteet voidaan kohdistaa pienempiin osakokonaisuuksiin. Laskentatekniikoiden roolina on koostaa ”purettu” ongelma takaisin ”kasaan” kokonaisuuksiksi vaihtoehtojen välisistä preferensseistä. Menetelmillä pyritään usein lisäämään analysoitavan päätösongelman läpinäkyvyyttä ja systemaattisista käsittelyä, ja siten parantamaan päätösten perusteltavuutta ja tuomaan uusia näkemyksiä ja oivalluksia tilanteesta ja sen ratkaisuvaihtoehtoista. Strukturointivaihe auttaa myös tunnistamaan tietopuutteita ja päätöksen kannalta ratkaisevia tietotarpeita. Päätösanalyysi edellyttää varsinaisten päätöksentekijöiden osallistumista prosessiin – menetelmät eivät tee päätöksiä eivätkä ratko arvotuskysymyksiä ja valintatilanteita ihmisten puolesta.

Monitavoitteista päätösanalyysia on kehitetty ja sovellettu jo vuosikymmeniä. Menetelmäkehitys on vahvasti akateemisen maailman käsissä, joskin tieteenala on verrattain pieni. Menetelmien sovelluksia on tehty lukemattomilla toimialoilla sekä akateemisena tutkimuksena että kaupallisten tahojen toimesta. Lisäksi monet julkishallinnossa ja yritysmaailmassa päivittäin kohdatavat valintatilanteet ja niiden ratkaisuun käytettävät menettelytavat ovat usein periaatteessa monitavoitteisen päätösanalyysin sovelluksia, vaikka niitä ei sellaisiksi kategorisoidakaan. Tiehallinnossa päätösanalyysia on viime vuosina sovellettu ainakin edellä mainituissa kehityshankkeissa (Tiehallinto, 2006a; 2007b), jotka on räätälöity menetelmien testaukseen. Myös vaikuttavuuden arvioinnin menetelmää (Tiehallinto, 2006b) voidaan pitää varsin täysimittaisena monitavoitteisen päätösanalyysin sovelluksena, joskaan menetelmässä ei nykyisellään edetä suunnitteluvaihtoehtojen välisten kokonaispreferenssien koostamiseen. Erilaisia menetelmiä on sovellettu aktiivisesti myös muun muassa Suomen ympäristökeskuksessa (Syke, 2008). Kansainvälisiä sovellusesimerkkejä löytyy lukemattomia, myös väyläomaisuuden hallinnasta (esimerkiksi NCHRP, 2005, 2009).

Suomen ympäristökeskuksen raportti *Monitavoitearviointi vuorovaikutteisessa ympäristösuunnittelussa* (Syke, 2008) tarjoaa erinomaisen tiivistetyn kuvauksen monitavoitteisen päätösanalyysin perusteista ja soveltamisesta. Yleispätevä kuvaus on koostettu tunnustetuista kansainvälisistä lähteistä, joihin myös viitataan raportissa. Raportista poimitut Kuva 1 ja Kuva 2 kiteyttävät osuvasti päätösanalyysin määritelmää ja perusteita sen soveltamiselle.

Päätösanalyysi (Decision Analysis – DA) on joukko menetelmiä ja lähestymistapoja, joita voidaan soveltaa erilaisia arvostuksia, erimitallisia vaikutuksia ja epävarmuutta sisältävien laajojen ja monimutkaisten aiheiden jäsentelyssä.

Päätösanalyysissä tunnistetaan päätöstilanteeseen liittyvät seikat, tarkastellaan niitä erillään toisistaan ja lopuksi yhdistetään ne.

Päätösanalyysiprosessin tavoitteena ei ole antaa yhtä ”oikeaa” ratkaisua, vaan tukea paremman käsityksen muodostumista ratkaisusta ja niiden seurauksista

Kuva 1: Päätösanalyysin määritelmää (lainaus lähteestä Syke, 2008)

- **Monimutkaisuus.** Ongelma on niin monitahoinen, että kokonaisuutta ja päätöstilannetta on tarve jäsentää.
- **Yhteismitattomuus.** Kaikkia vaikutuksia ei voida suoraan muuntaa esimerkiksi rahalliseksi hyödyiksi.
- **Ei-mitattavat tekijät.** Kaikkia vaikuttavia tekijöitä ei voida suoraan mitata.
- **Monitavoitteisuus.** Etsitään ratkaisua, joka ottaa huomioon useiden osapuolten erilaiset tarpeet ja tavoitteet.
- **Epävarmuus.** Vaikutuksiin ja kehityssennusteisiin sisältyy epävarmuuksia, joiden kokonaisvaikutuksia on vaikea arvioida.
- **Synteesi.** Tarve ja halu jäsentää systemaattisesti suunnittelutilanne sekä eritellä ja yhdistää siihen liittyvät näkemykset ja tieto.
- **Perusteltavuus.** Tarve tuottaa tietoa, esimerkiksi päätöksentekijöiden arvostuksista, millä päätös voidaan läpinäkyvästi perustella.

Kuva 2: Perusteita päätösanalyysin soveltamiselle (lainaus lähteestä Syke, 2008)

Menetelmäpuolella on lukuisia erilaisia koulukuntia, joiden kunkin menetelmistä on tarjolla erilaisia "kehitysasteita" ja/tai erilaisiin sovelluksiin räätälöityjä versioita. Kaikkien koulukuntien perusperiaatteet ja käyttötarkoitukset ovat kuitenkin jokseenkin yhtenevät. Myös alan termistössä on kirjavuutta. Synonyymeinä käytetään termejä *monitavoitteinen*, *-kriteerinen* tai *-attribuutinen* päätöksenteko, jonka tukemista puolestaan kutsutaan muun muassa *monitavoitearvioinniksi*, *-optimoinniksi* tai *-analyysiksi*. Tyypillisesti monitavoiteoptimoinniksi, jota käytetään yleisnimityksenä tässäkin työssä, käsitetään suunnittelutilanteet, joissa hyödynnetään matemaattista optimointia ratkaisuvaihtoehtojen luomiseen sen sijaan, että analyysi keskittyisi muutaman valmiiksi määritellyn suunnitteluvaihtoehdon väliseen vertailuun.

2.2 Tienpidon painotuksiin ja rahanjakoon liittyvän päätöksenteon tukeminen päätösanalyysin näkökulmasta

Edellä esitettyyn peilaten (etenkin Kuva 2) tienpidon painotuksiin ja tuotteiden väliseen rahanjakoon liittyvä päätöksenteko on mitä otollisin sovelluskohde päätösanalyysille. Jokseenkin kaikki perusteet ja tarpeet täyttyvät, mutta toisaalta ongelma on jopa poikkeuksellisen monitahoinen ja haastava.

Erityisen haasteen luo verkkotason tarkastelu, joka päätösanalyysin näkökulmasta katsottuna vaikeuttaa etenkin päätösvaihtoehtojen ja niiden kuvaamiseen käytettävien mittareiden määrittelyä. Haasteina on esimerkiksi:

- Verkkotason tarkastelu johtaa väistämättä keskiarvoistukseen ja siten hävittää alueelliset erot ja paikalliset erityispiirteet.
- Pitkät aikajänteet ja hitaasti realisoituvat muutokset, jotka hankaloittavat muun muassa tarkasteluperiodin valintaa.
- Tuotteiden toimenpide- ja kuntoennustemalleissa on suuria epävarmuuksia, ja tietämyksen/mallien taso vaihtelee tuotteiden välillä.

- Toimenpiteiden ja rappeutumisen aiheuttamien fyysisten muutosten aikaansaamien vaikutusten määrittely ja mittaaminen on edelleen alkutekijöissään, etenkin verkkotason tarkastelussa.

Ahtaasti katsoen aika ei olisi vielä kypsä päätösanalyysin soveltamiselle, koska teknisen tietoutteen ja vaikutusmekanismien kuvaamiseen liittyy vielä suuria epävarmuuksia ja tietopuutteita. Ideaalitilanteessa erilaisten vaihtoehtojen seuraamukset tunnettaisiin (nykyistä paremmin), ja päätösanalyysillä voitaisiin keskittyä painotus- ja arvostuskysymysten pilkkomiseen ja analysointiin. Laajemmin katsottuna päätösanalyysin menetelmien avulla voidaan jäsentää ja strukturoida tätä monimutkaista kokonaisuutta, tukea mittausten määrittelyssä, painotuskysymysten kohdentamisessa ja erilaisten analyysimahdollisuuksien hahmottamisessa. Tässä työssä ei pyritä parantamaan tuotekohtaisia teknisiä malleja, vaan rakentamaan nykyisillä lähtötiedoilla modulaarinen päätösanalyysikonsepti, jota voidaan kehittää osissa ja jossa voidaan myöhemmin hyödyntää muissa tutkimuksissa parannettavaa teknistä ymmärrystä ja vaikutusten hallintaa.

3 MALLINNUSKONSEPTI

3.1 Mallinnuskonsepti

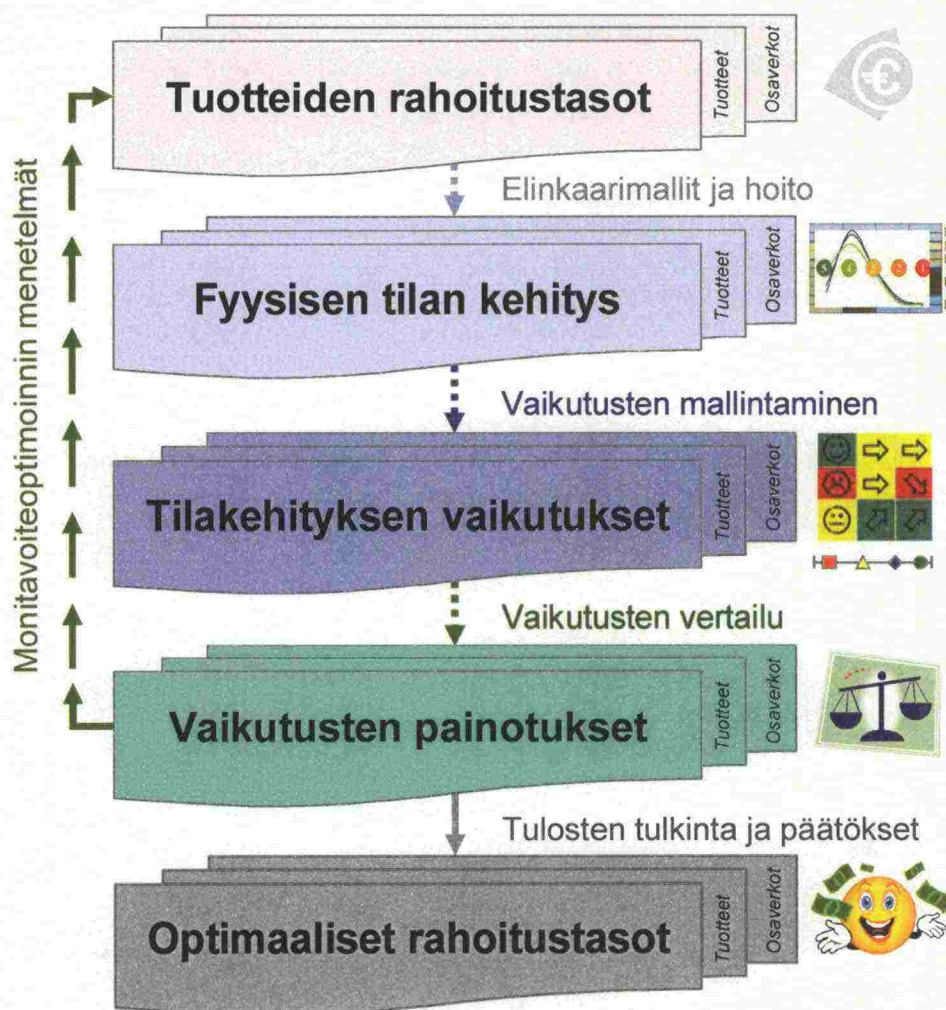
Mallin tarkastelun kohteeksi on alusta lähtien valittu TTS-tasoinen perustienpidon tuotteiden välinen jako, jossa yksittäisiä kohteita tai alueita ei erotella. Työn alkuperäisenä lähtökohtana toimi VOH-projektissa rakennettu pilottimalli (Tiehallinto, 2007b; Mild, 2009), jossa jokaiselle tuotteelle luotiin päälysteiden verkkotason analyyseissä käytetty Markovin ketjuihin perustuva malli kuvaamaan rappeutumista ja toimenpiteitä. Tuotteiden kuntoluokat pisteytettiin eri tavoitealueiden suhteen ja pisteiden summaa maksimoitiin erilaisilla tavoitteiden painotuksilla. Malli mahdollisti dynaamiset tarkastelut, mutta Markovin ketju ei luontevasti sovellu kaikkien tuotteiden rappeutuksen kuvaamiseen ja tuotteiden käyttäytyminen oli vahvasti riippuvaista vaikeasti arvioitavista rappeutumisparametreista. Mallin rakenteesta johtuen sen tulokset olivat vahvasti erilaisten rajoitusehtojen muovaamia, eikä fyysisten kuntojakaumien ja varsinaisten vaikutusten välistä yhteyttä juurikaan käsitelty. Pilottimalli toimi kuitenkin läpimurtona tuotteiden yhtenäiseen analysointiin, etenkin ylläpidon ja hoidon rinnastamiseen. Pilotin parhaita puolia olivat sen avaamat uudenlaiset tarkastelut: tavoitteiden painottamisen vaikutus rahoituksen jakoon, tuotteiden herkkyydet painotukselle ja kokonaisbudjetin muutosten kohdistaminen tuotteille. Tässä työssä päätettiin kuitenkin palata muutama askel taaksepäin ja miettiä mallinnuskonseptia puhtaalta pöydältä. Lopputuloksen voidaan katsoa yhdistävän elementtejä VOH-pilotista, vaikuttavuuden arvioinnista ja siltojen ohjelmoinnissakin käytetystä RPM-menetelmästä (Liesiö, Mild, Salo, 2007; 2008).

Uudessa mallinnuskonseptissa (Kuva 3) halutaan korostaa vaikutusmekanismien kuvailussa käytettyä ketjuajattelua: rahoitustaso (toimenpiteet) → fyysinen tila → vaikutukset. Tässä konseptissa tuotteiden rahoitustasoja käytetään säätömuuttujana, joiden avulla kokonaisrahoituksella saavutettavia vaikutuksia voidaan kontrolloida. Vaikutusten tavoitteet ja painotukset toimivat tässä ohjausmekanismeissa strategisina ohjauskäskyinä, esimerkiksi "painotetaan voimakkaasti asiakastytytyväisyyden parantamista" ja "korjaus-

velka ei saa kasvaa". Strategiset ohjauskäskyt jalkautetaan rahoitusta jakamalla, mikä johtaa kullekin tuotteelle päätettävään rahoitustasoon. Rahoituksella toteutettavat toimenpiteet ja tuotteille ominainen rappeutuminen määrittelevät tuotteiden fyysisen tilan kehityksen. Tuotteen fyysisen tilan kehitys riippuu sille annettavasta rahoitustasosta, joten eri rahoitustasot johtavat erilaisiin fyysisiin tiloihin. Verkkotasolla fyysisen tilan kuvaamisen indikaattoreina käytetään esimerkiksi huonokuntoisten siltojen lukumäärää tai eri talvihoitoluokissa olevaa tiepituutta. Jotta mekanismi voi perustua vaikutusten ohjaamiseen, tulee fyysisten tilojen väliset erot kuvata edelleen vaikutusten välisiksi eroiksi.

Konseptin varsinaisina päätösvaihtoehtoina ovat erilaiset rahoitusallokaatiot. Yhdessä allokaatiossa tietty kokonaisbudjetti on jaettu tietyllä tavalla eri tuotteille, toisessa allokaatiossa toisella tavalla. Jos jaettavaan kokonaisbudjettiin ei tehdä muutoksia, allokaativaihtoehtojen muodostaminen on nol-lasummapeliä: jonkin tuotteen rahoitustason nostaminen edellyttää joidenkin toisten tuotteiden rahoitustason laskemista.

Vaihtoehtojen rahoitusallokaatioiden välinen vertailu perustuu niillä saavut-taviin vaikutuksiin. Allokaation vaikutukset saadaan summaamalla eri tuot-teilla saavutettavat vaikutukset. Jos allokaativaihtoehtojen väliset vaiku-tuserot eri vaikutusalueiden suhteen ovat ristiriitaisia, niiden väliset prefe-renssit riippuvat vaikutusalueiden painotuksista ja asetetuista tavoitteista ja rajoituksista.



Kuva 3: Yleinen mallinnuskonsepti. Rahoitustasojen muutokset saavat aikaan fyysisen tilan muutoksia, jotka puolestaan saavat aikaan vaikutuksia. Vaikutusten painotukset määrittävät miten eri vaikutuksia arvostetaan, ja siten ne ohjaavat rahoitustasojen muutoksia. Laskentamenetelmällä tuotetaan vaihtoehtoisia rahoitustasokombinaatioita erilaisilla painotuksilla. Menetelmä ei pyri antamaan yhtä "oikeaa" vastausta, vaan tulosten tulkinta ja lopullisten rahoitustasojen valinta annetaan päätöksentekijöiden tehtäväksi.

Konsepti on hyvin geneerinen ja sovellettavissa muillekin infrastruktuuri- luokille. Perusajatukseltaan se on varsin lähellä nykyistä LVM:n ja keskushallinnon tulosneuvottelu- ja tulosohjausmenettelyä. Konseptin toteutukseksi rakennettavalla mallilla pyritään (i) tuomaan perustienpidon suunnittelukehikkoon lisää systemaattisuutta ja numeerisesti kuvattua tietoa, (ii) tuomaan kaikki tuotteet samaan analyttiseen kehikkoon, jossa niitä tarkastellaan ja vertaillaan samoilla periaatteilla ja vaikutusmittareilla, sekä (iii) tukemaan vaikutusten painotusta ja niistä rahoitukseen syntyvää takaisinkytkentää monitavoitteisen päätösanalyysin ja optimoinnin menetelmillä.

Mallinnuskonseptin rakenne on modulaarinen ja sitä voidaan kehittää osissa. Teknisen kunnon ennustamisesta ja elinkaaren hallinnasta saatavaa uutta tietoutta voidaan hyödyntää rahoituksen ja fyysisen tilan välisen yhteyden parempaan kuvaamiseen. Vaikutusten hallinnassa tehtävän kokonaisvaltaisen kehitystyön tuloksia voidaan hyödyntää fyysisen tilan ja vaikutusten väli-

sessä linkissä. Vaikutusten vertailun ja painottamisen menetelmiä sekä ne rahoitukseen kytkevää laskentamallia voidaan kehittää osin vajavaisilla ja/tai karkeasti arvioiduilla tilakuvauksilla ja vaikutusmittareilla.

Kuvan 3 kokonaisuuteen liittyy paljon merkittäviäkin tietopuutteita sekä teknisen elinkaaren että vaikutusten mittaamisen osalta. Mallinnusta voidaan silti viedä eteenpäin rakentamalla kokonaiskehikkoa ja testaamalla sitä hyödyntäen nykyistä tietämystä ja arvioita mahdollisuuksien mukaan. Laskemalla havainnollistavia tuloksia tarvittaessa karkeilla ja epävarmoillakin tiedoilla päästään hahmottelemaan kokonaisuuden mahdollisia hyödyntämismuotoja ja kehitystarpeita. Mallinnustyö ja "arviointiharjoitukset" auttavat myös tunnistamaan keskeisimpiä tietopuutteita ja muita kokonaisvaltaisen ja systemaattisen ohjaamisen edellytyksiä. Havaittuihin puutteisiin voidaan tarttua myös erilliselvityksillä, joiden tuloksia voidaan puolestaan hyödyntää modulaarissa ja joustavassa mallinnuskonseptissa.

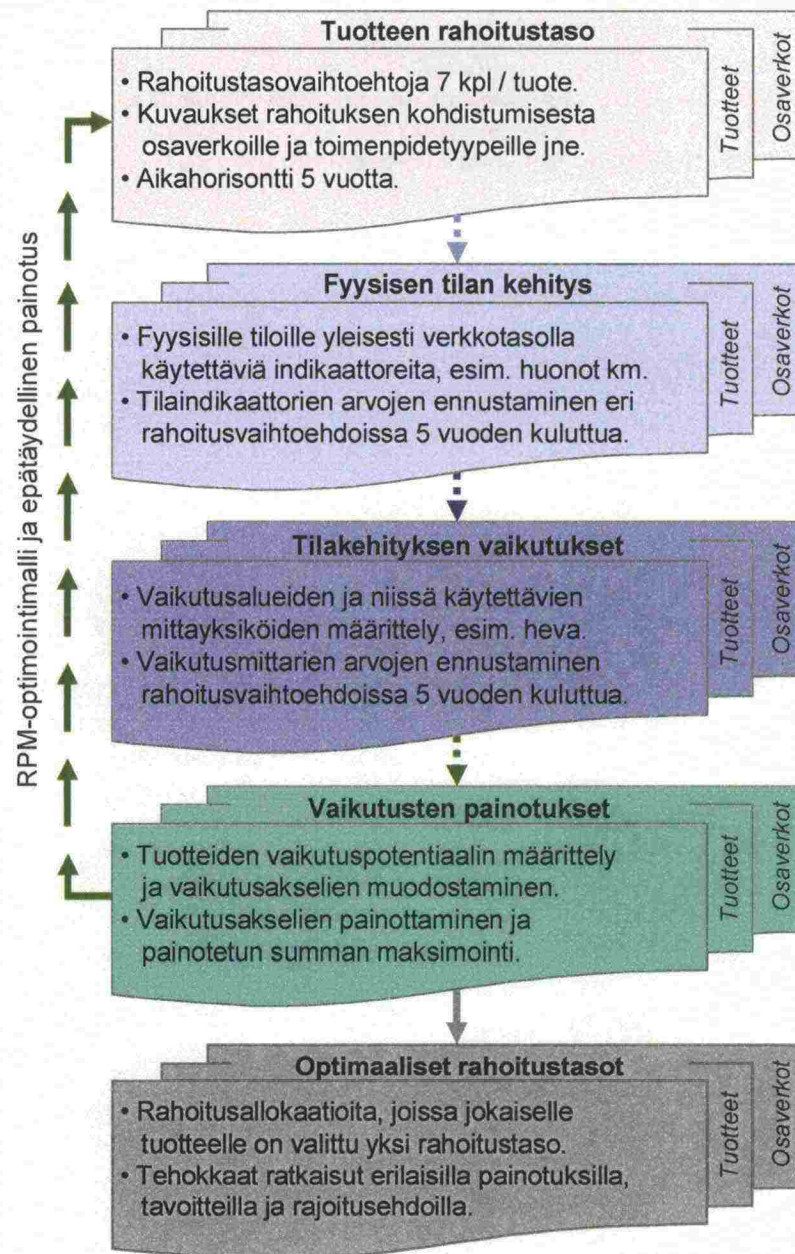
3.2 Mallirakenne – konseptin implementointi

Edellä esitetyistä mallinnuskonseptista voi rakentaa erilaisia ja eri tasoisia toteutuksia. Periaatteessa nykyisin käytössä oleva ohjausmenettelykin on kyseisen konseptin toteutus, joskaan kaikkia tuotteita ei käsitellä samanlaisella systematiikalla, perustienpidon vaikutuksia ei varsinaisesti mitata, eikä vaikutusten välisiä painotuksia käsitellä analyyttisesti. Toisena ääripäänä voidaan pitää eräänlaista utopiatilaa, jossa ketjun kaikki vaiheet tunnettaisiin täydellisesti, jolloin rahoituksen ja vaikutusten välille osattaisiin mallintaa jatkuva yhteys. Tässä työssä rakennettu toteutus on muovautunut:

- pyrkimyksestä tehdä mallista mahdollisimman kattava, eli saada suurin osa perustienpidon rahoituksesta mukaan analyysiin siitäkin huolimatta, että monien tuotteiden osalta rahoituksen vaikutuksista ei ole käytettävissä luotettavaa tutkimustietoa ja asiantuntija-arvioiden antaminenkin on erittäin haastavaa, sekä
- pyrkimyksestä kuvata perustienpidon verkkotason vaikutuksia mitta-asteikoilla (vrt. vaikutusakselit) suuntien sanallisen kuvailun tai muun puhtaasti kvalitatiivisen lähestymistavan sijaan.

Mallirakenne on kompromissi, jonka tavoitteena on olla yksinkertainen ja samalla kuitenkin riittävän kattava, sekä sillä tavalla modulaarinen, että sen osia voidaan kehittää asteittain muista osista riippumatta. Numeerisen esimerkin laskeminen jo tämän työn aikana käytettävissä olevilla tiedoilla ja aineistoilla on myös ollut tärkeä "suunnitteluparametri" mallia rakennettaessa.

Työssä luotu mallirakenne esitetään pääpiireissään Kuvassa 4. Sen yksityiskohtia tarkennetaan tuotteiden ja vaikutusten osalta kappaleissa 3.3 - 3.5 sekä monitavoiteoptimoinnin laskentamallin osalta luvussa 4 .



Kuva 4: Valittu mallirakenne, eli konseptin (Kuva 3) tarkempi toteutus. Rakennetta määritteleviä valintoja ovat muun muassa tuotteiden rahoituksen diskretointi 7 vaihtoehtoiseksi tasoksi, tarkasteluhorisontin asettaminen 5 vuodeksi, fyysisen tilan indikaattorien valinnat, vaikutusalueiden ja -mittarien valinnat sekä painotetun summan ja RPM-menetelmän käyttäminen vaikutusten vertailun ja allokationsuositusten muodostamisen laskentamenetelmänä.

Mallin fokus on jokaisessa vaiheessa rahoitustasojen välisissä eroissa. Miten tuotteen fyysisen tilan kehitys ja sen aiheuttamat vaikutukset eroavat kahden rahoitusvaihtoehdon välillä? Kuinka suuri vaikutusero saadaan aikaan, jos esimerkiksi siltojen vuotuista rahoitustasoa nostetaan 5 M€/v verrattuna vaihtoehtoon, jossa rahoitus pidetään nykytasolla? Entä millaisia vaikutuseroja 5 M€/v muutoksella saavutettaisiin sijoittamalla se talvihoitoon? Pitäisikö rahoitusta peräti siirtää silloilta talvihoitoon? Malli pureutuu tämän tyyppisten päätösten tukemiseen – päätösanalyysin määritelmän mukaisesti

analysoimalla kysymyksiä ensin erillään ja sitten yhdistämällä ne, pyrkimyksenään tukea paremman käsityksen muodostumista mahdollisista vaihtoehdoista ja niiden seurauksista yhden "oikean" ratkaisun esittämisen sijaan.

Työskentelymielessä mallirakenne (Kuva 4) on kaksiosainen:

1. **Määrittely- ja arviointiosa**, joka pitää sisällään rahoituksen vaihteluvälien ja tasovaihtoehtojen määrittelyn, fyysisen tilan ennustaminen eri rahoitustasoilla ja fyysisen tilan vaikutusten arvioimisen. Ennustamista ja arviointia edeltää luonnollisesti indikaattorien ja mittarien määrittely. Fyysisen tilan indikaattorit ovat tuotekohtaisia, vaikutusmittarit ovat kaikille tuotteille yhteisiä. Määrittely- ja arviointiosan työvaiheet tehdään periaatteessa vain kerran mallia rakennettaessa ja ne voidaan tehdä hajautetusti esimerkiksi tuotekohtaisia asiantuntijojen konsultoimalla.
2. **Laskentaosa ja tulosten vuorovaikutteinen tarkastelu**, joka pitää sisällään vaikutusten painotuksen asettamisen, erilaisten tehokkaiden rahoitusallokaatioiden laskemisen RPM-optimointimallilla sekä erilaisilla painotuksilla, tavoitteilla ja rajoitusehdoilla laskettujen tehokkaiden allokaatioiden vuorovaikutteisen tarkastelun. Näitä vaiheita edeltää luonnollisesti vaikutusten yhdistämisessä ja painottamisessa käytettävän preferenssimallin määrittely sekä optimointimallin määrittely ja teknisen laskentavalmiuden rakentaminen. Mallia käytetään pyörittämällä laskentaosaa ja tarkastelemalla tuloksia esimerkiksi vuorovaikutteisissa työpajoissa, joissa on keskitetysti paikalla rahoituksen jaon kokonaisuutta käsitteleviä päätöksentekijöitä.

Tässä työssä rakennetun mallin määrittelyssä rahoitukselle asetettava vaihteluväli on päätetty jakaa 7 vaihtoehtoiseen tasoon kullekin tuotteelle. Tällaista erottelutarkkuutta pidetään riittävänä, ja se mahdollistaa valittujen arviointi- ja laskentamenetelmien käytön. Analyysin fokus on näiden rahoitustasovaihtoehtojen välisissä eroissa, joten tasojen tulee poiketa toisistaan merkittävästi erojen esiintuomiseksi. Periaatteessa kunkin tuotteen rahoitustaso voidaan valita jatkuvana muuttujana minimi- ja maksimitason väliltä.

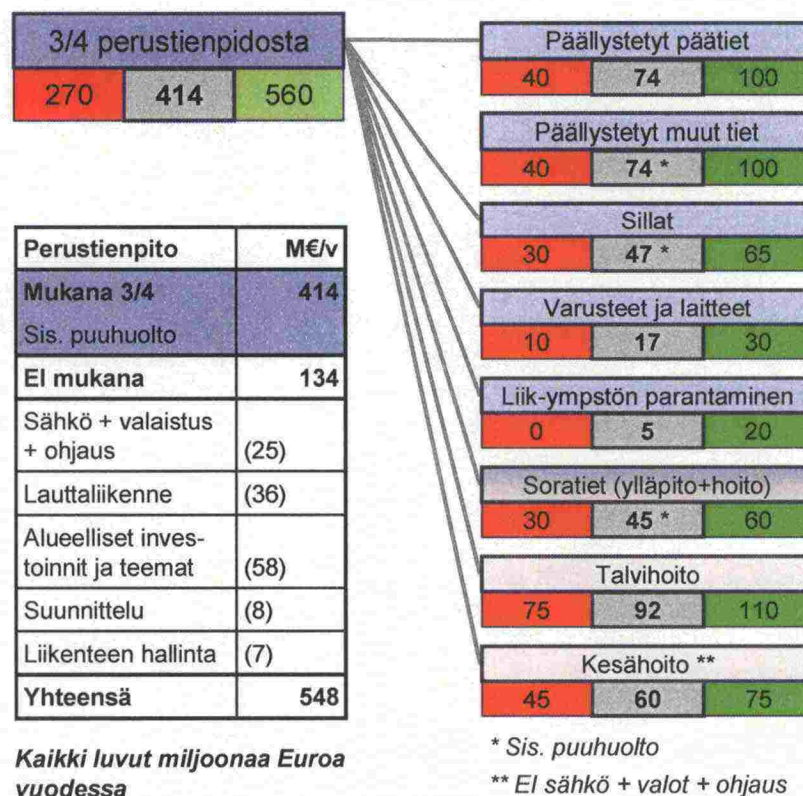
Rahoituksen oletetaan pysyvän valituilla tasoilla 5 vuoden ajan (voidaan ajatella myös 5 vuoden keskiarvoksi). Tälläkin halutaan varmistaa, että rahoitustasojen muutoksilla todella saadaan esiin eroja myös verkkotason tila- ja vaikutusmittareilla tarkasteltuna. Valitussa mallirakenteessa tuotteiden rappeutumisdynamiikkaa ja rahoituksen vuotuista vaihtelua ei varsinaisesti mallinneta. Tuotteiden dynaamisiin malleihin ja aikajänteen pidentämiseen liittyy erittäin suuria epävarmuuksia, eikä kaikista tuotteista ole olemassa edes perusteita dynaamisten mallien rakentamiseksi. Kiinteillä rahoitustasoilla ja 5 vuoden aikahorisontilla päästään jo kiinni moniin oleellisiin kysymyksiin, ja toisaalta tälläkin tavalla yksinkertaistettuna mallin parametrien arviointi on varsin työlästä ja haastavaa. Dynamiikan mallintamiseen voidaan tarvittaessa paneutua tuotekohtaisten elinkaarimallien kehittyessä.

Tuotekohtaisen rahoituksen vaihteluvälin (minimi- ja maksimitasojen) asettaminen on tärkeä osa mallin määrittelyä. Minimien tulisi edustaa vuotuisen rahoituksen ehdotonta alarajaa, joka vaaditaan kunkin tuotteen välttämättömmän peruspalvelutason turvaamiseen. Maksimit asetetaan kullekin tuot-

teelle sen nykyistä rahoitustasoa korkeammaksi, ja ne voivat perustua esimerkiksi tuotekohtaisista rahoitustarveanalyyseistä saataviin laskelmiin. Tuotteiden minimi- ja maksimirahoitustasojen asettamisen tulisi olla iteratiivinen prosessi, jossa ääripäitä voidaan hakea erilaista rahoitustasosta seuraavaa tilakehitystä ja sen vaikutuksia mallintamalla ja arvioimalla. Vaihteluvälit kannattaa asettaa mahdollisimman laajoiksi, nykyisiin tasoihin nähden jopa epärealistisiksi, jotta analyysillä saadaan nostettua esiin uusia näkökulmia ja vaihtoehtoja. Tällaisten "räväköidenkin" vaihtoehtojen vertailu ja puolesta/vastaan perustelu voi tukea paremman käsityksen muodostumista päätöstilanteeseen liittyvistä seikoista ja rajoituksista, päätöksentekijän arvostuksista sekä erilaisista ratkaisuista ja niiden seurauksista.

3.3 Mallinnettavat tuotteet ja rahoituksen vaihteluvälit

Mallissa rinnastettavat tuotteet ja niille asetetut rahoituksen vaihteluvälit esitetään Kuvassa 5. Mukaan on saatu rahoituksella mitattuna noin 3/4 perustienpidosta. Tuoteryhmittely ja -määrittelyt noudattelevat Tiehallinnon virallisia ja käytössä olevia määrittelyjä muutamien poikkeuksin. Päälystetyillä teillä ei erotella päälystämistä ja tierakenteita, ja sorateiden osalta ylläpito ja hoito on yhdistetty yhdeksi tuotteeksi samaan "rahoituspottiin". Hankintamuodoista ei tässä tarkastelussa välitetä, eli erillisurakoita, hoidon alueurakoita, palvelusopimuksia yms. ei ole eroteltu eikä niiden anneta rajoittaa rahanjaon tarkastelua. Erityisesti merkillepantavaa on ylläpidon, hoidon ja liikenneympäristön parantamisen rinnastaminen yhteisessä mallissa.



Kuva 5: Tuotteet ja rahoituksen vaihteluvälit sekä taulukko mallin kattavuudesta. Kuvan luvut ovat miljoonaa Euroa vuodessa. Tuotteiden alla vasemmanpuoleinen (punainen) luku on vuotuisen rahoituksen minimitaso, keskimääräinen

(harmaa) on nykyinen taso ja oikeapuoleinen (vihreä) on maksimitaso. Malli kattaa noin 3/4 perustienpidon rahoituksesta, jonka minimi- ja maksimitasot saadaan laskemalla vastaavat tuotekohtaiset tasot yhteen.

Tuoterakenteen (Kuva 5) muodostamisen yhteydessä hahmoteltiin jonkin verran erilaisia vaihtoehtoja, mutta perusmuoto saatiin varsin suoraviivaisesti nykyisestä rahanjaon suunnittelussa käytettävästä erottelusta. Tässä mallissa päälystetyt tiet on eroteltu pääteihin ja muihin teihin, joita siis käsitellään erillisinä tuotteina. Myös tiemerkinnät ja kevyen liikenteen väylät voitaisiin nostaa erillisiksi tuotteiksi irralleen päälystetyistä teistä, mutta tässä malliversiossa näin ei ole tehty. Virallisessa jaottelussa esiintyvää tuotetta tierakenteet ei käsitellä erillään, vaan se sisältyy pilkottuna päälystettyjen teiden ja sorateiden kokonaisrahoitukseen.

Tuotekohtaiset vuotuisen rahoituksen vaihteluvälit (Kuva 5) on asetettu projektiryhmän harkinnan ja asiantuntemuksen perusteella siten, että ne ovat ylläpidon tuotteilla tasaisesti noin $\pm 35\%$ nykytasosta ja hoidon tuotteilla noin $\pm 20\text{--}25\%$. Poikkeuksen tekee liikenneympäristön parantaminen, jossa prosentuaaliset muutosvarat ovat huomattavasti suuremmat alhaisesta nykytasosta johtuen. Vaihteluvälien määrittelyssä on hyödynnetty jonkin verran käytettävissä olleita erillisiä tuotekohtaisia rahoitustarveanalyyskejä, ja välit on pyritty asettamaan radikaaleiksi, mutta mahdollisimman realistisiksi. Edellä kuvattua iteratiivista prosessia ei kuitenkaan ole käyty läpi, vaan tässä asetetut tasot edustavat ensimmäisiä "nopeita" arvioita, joilla mallin toimintaa voidaan testata ja havainnollistaa.

Tuotteiden fyysisen tilan kuvaamiseen käytettävien indikaattorien määrittelyjä ei ole kaikilta osin lyöty lukkoon. Periaatteena on käyttää verkkotasolla ja tulosohjaustasolla käytettäviä indikaattoreita. Selkeä referenssi-indikaattori on esimerkiksi yhtenäisen kuntoluokituksen mukainen huonokuntoinen tiepituus. Monien tuotteiden osalta indikaattorien määrittely ei kuitenkaan ole kovinkaan suoraviivaista. Indikaattorien tulisi kuvata tuotteen kohteena olevan omaisuuden fyysinen tila ja/tai laatutaso mahdollisimman kattavasti, mutta toisaalta indikaattoreita tulisi olla mahdollisimman vähän ja niiden tulisi olla riittävän "suuria" ja "relevantteja" eikä pientä yksityiskohtaista silppua. Lisäksi tilaindikaattorien tulisi olla sellaisia, että tuotteen rahoitustasolla voidaan vaikuttaa niiden arvojen kehittymiseen. Etenkin kesähoidon sekä myös varusteiden ja laitteiden osalta fyysisen tilan indikaattorien määrittely on erityisen haastavaa. Tämän hetkinen näkemys mittareista esitetään Liitteessä 1.

3.4 Mallinnettavat vaikutusalueet

Mallissa käytettävät vaikutusalueet ja niiden mittarit listataan Taulukossa 1. Vaikutusalueiden valinnassa on tukeuduttu VOH-ohjelman pilottimallin (Tiehallinto, 2007b) vaikutusalueisiin, jotka on puolestaan johdettu tienpidon yleisistä tavoitteista.

Vaikutusten mallintamista on tietoisesti pyritty viemään laadullisesta kuvailusta kohti määrällistä arviointia. Hanketasolle on jo kehitetty vaikuttavuuden arvioinnin menetelmä ja menettelytapa, mutta verkkotasolla vastaavaa ei ole valmiina. Niinpä verkkotason vaikutusalueiden määritelmät ja mittayksiköt on jouduttu johtamaan ja sovittamaan tämän mallirakenteen puitteisiin Tiehallinnossa yleisesti käytettävistä käsitteistä ja niiden raportoitavista mittareista.

Taulukko 1: Mallissa käytettävät vaikutusalueet ja vaikutusmittarit.

Vaikutusalue ja tavoitesuunta	Määritelmä	Mitta-yksikkö
Liikenneturvallisuuden parantaminen	Vuotuisten henkilövahinko-onnettomuuksien vähentäminen	Heva
Korjausvelan pienentäminen	Korjausvelka = sallitun tason ylitävän huonokuntoisen omaisuuden korjaamisen kustannus	Euro
Asiakastyytyväisyyden parantaminen	Tyytyväisyyskyselyissä tyytymättömien osuuden vähentäminen ⇔ asiakastyytyväisyyskeskiarvon korottaminen	Tyytymättömiä %
Aika- ja ajoneuvokustannusten pienentäminen	Tiellä liikkumisen aika- ja ajoneuvokustannusten minimointi; vahvistettuihin yksikkökustannuksiin perustuva	Euro

Taulukkoa 1 työstettäessä mietittiin muitakin vaikutusalueita. Ainakin ympäristö voisi olla yhtenä alueena, jolloin mittarina voisi toimia esimerkiksi päästöistä, suolauksesta ja melusta johdettu ympäristökuormitus. Myös alueellista saavutettavuutta kuvaava, eli käytännössä alemman tieverkon tarpeita huomioiva vaikutusalue olisi hyvä saada mukaan. Tällöin vaikutusten painotukseen saataisiin selkeä "vipu", jolla rahoitusta voisi halutessaan ohjata tehokkaammin päätieverkon ulkopuolelle. Eräs mahdollisuus on asiakastyytyväisyyden erottaminen kahdeksi erikseen painotettavaksi vaikutusalueeksi: (a) tyytyväisyys pääteiden kuntoon ja tilaan sekä (b) tyytyväisyys muiden teiden kuntoon ja tilaan. Tällainen rakenne olisi linjassa nykyisten asiakastyytyväisyyskyselyjen kanssa. Asiakastyytyväisyyden erottelu koettiin kuitenkin turhan raskaaksi ensivaiheen arviointeihin ja tyytyväisyyskyselyissä vastaukset ovat tyypillisesti erittäin vahvasti korreloituneita. Jonkinlainen erottelu kannattaa kuitenkin pitää mielessä jatkokehitysmahdollisuutena.

Kaiken kaikkiaan tämän työn yhteydessä on todettu, että verkkotason vaikutusten mallintaminen ja vaikutusmittarien määrittäminen on erittäin laaja ja haastava kokonaisuus. Tienpidon vaikutuskarttaa ja sen vaikutusten operationalisointia ei voida sellaisenaan laajentaa verkkotasolle, koska monien vaikutusten kannalta keskeisiä *kohteen* ominaisuustietoja ei ole. Toisaalta verkkotason tarkastelussa voi olla paineita käyttää vielä korkeamman tason vaikutuksia, kuten liikennejärjestelmän, logistiikkakustannusten, yritysten kilpailukyyn ja BKT:n kehittymistä. Eteneminen on varmasti haastavaa molemmista suunnista, lähdettiin sitten operationalisoimaan ylimmän tason vaikutuksia ja kytkemään niitä tienpidon tuotteisiin tai nostamaan hanketason menetelmää sovellettavaksi verkkotasolle.

Verkkotason vaikutusmittaristo joudutaan väistämättä kytkemään erilaisiin keskiarvoistaviin ja aggregoituviin tilaindikaattoreihin. Vaikutusalueiden määrä on hyvä pyrkiä pitämään kohtuullisena. Vaikutuskartan ylimmän tason 7 aluetta voidaan pitää enimmäismääränä sekä ohjausmekanismien hahmottami-

sen että laskennallisen käsittelyn näkökulmasta. Kuten todettua, tämän työn fokus on ollut mallinnuskonseptin ja mallirakenteen kehittämisessä, joten vaikutusalueiden ja -mittareiden määrittelyyn ei ole vielä paneuduttu kovin syvällisesti ja systemaattisesti. Kehitetty mallirakenne tarjoaakin viitekehyyksen, jonka puitteissa verkkotason vaikutusten operationalisointia voidaan lähteä kehittämään. Rakenne mahdollistaa joustavasti vaikutusalueiden ja -mittarien lisäämisen ja muokkaamisen.

3.5 Rahoituksella saatavien vaikutusten arvioinnin periaatteet

Mallin keskeisiä kysymyksiä on, mitä vaikutuksia rahalla saadaan aikaan eri tuotteilla. Ajatuksellisesti systeemiin laitetaan sisään rahaa ja saadaan ulos vaikutuksia. Sekä rahan kokonaismäärä että tuon määrän allokointi eri tuotteiden kesken ohjaa kuinka paljon mitäkin vaikutusta systeemistä saadaan ulos. Systeemiä ohjataan säätämällä sisään menevän rahan määrää ja jakoa. Jotta ohjaus voi perustua ulostulojen, eli vaikutusten, painottamiseen, tulee input-output -yhteydet tuntea edes jollain tarkkuudella kaikille tuotteille.

Kun vaihtoehtoiset rahoitustasot, fyysisen tilan indikaattorit ja vaikutusmittarit on määriteltä, on yhteyden arviointi periaatteessa varsin suoraviivaista. Arviointi tehdään jokaiselle tuotteelle erikseen:

1. Valitaan yksi 7:stä *rahoitustasovaihtoehdosta*, eli oletetaan tuotteelle tasoon mukainen vuotuinen rahoitus seuraavaksi 5 vuodeksi.
2. Arvioidaan mihin *toimenpiteisiin* ja verkon osiin kohdan 1 mukainen rahoitus luultavimmin kohdistettaisiin.
3. Arvioidaan tuotteen *fyysisen tilan indikaattoreiden arvot* 5 vuoden kuluttua, kun tuotteessa on toteutettu kohdan 2 mukaisia toimenpiteitä 5 vuoden ajan.
4. Arvioidaan *vaikutusmittarien arvot* 5 vuoden kuluttua, kun tilaindikaattoreiden arvot ovat kohdan 3 mukaiset.
5. Siirrytään seuraavaan rahoitustasovaihtoehtoon ja arvioidaan vaiheet 2-4. Fokus on erityisesti vaihtoehtojen välisissä eroissa, eli kuinka paljon enemmän tai vähemmän kutakin vaikutusta vaihtoehto tuottaa verrattuna edelliseen vaihtoehtoon. Kun tuotteen kaikkien vaihtoehtojen saamat arvot sijoitetaan vaikutusmittarin mitta-asteikolle, syntyy *vaikutusakseli*. Akselin teoreettinen minimi ja maksimi ovat pienin ja suurin vaikutusmittarin arvo, joka voidaan saavuttaa tuotteelle sallitun rahoituksen vaihteluvälillä puitteissa. Vaikuttavuuden käsitteeseen sisältyvän tavoitearvon oletetaan olevan jompikumpi akselin ääripäistä (minimi tai maksimi).

Mallin kannalta oleellinen on vaiheiden 1 ja 4 välinen yhteys, eli kullakin rahoitustasolla saavutettavat vaikutusmittareiden arvot. Vaiheet 2 ja 3 ovat välivaiheita, joilla arviointia systematisoidaan ja tehdään läpinäkyvämmäksi ja siten perustellummaksi. Vaiheet 1 ja 4 ovat yhteneviä kaikkien tuotteiden osalta, eli kunkin 7 rahoitustasovaihtoehdolle (Kuvan 5 mukaisilta väleiltä) arvioidaan samojen vaikutusmittareiden arvot (Taulukko 1). Vaiheet 2 ja 3 poikkeavat väistämättä toisistaan eri tuotteiden välillä, koska toimenpiteiden luonne ja fyysisen tilan indikaattorit ovat erilaisia. Myös arviointiperiaatteet,

arvioinnin tukena käytettävät aineistot sekä arvioinnin yksityiskohtaisuus ja tarkkuustaso voivat vaihdella tuotteesta toiseen. Yhtenä ääripäänä voidaan pitää hyvinkin karkeita suuruusluokka-arvioita vain välttämättömistä indikaattoreista mittareista, ja toisena yksityiskohtaista ja monipuolista skenaariokuvausta / suunnitelmaa rahoituksen käytöstä. Tuotteiden hallinnan taso sekä kvantitatiivisten aineistojen saatavuus ja luotettavuus vaikuttavat siihen, millaisella tarkkuustasolla ja prosessilla kunkin tuotteen arviointi on mahdollista ja tarkoituksenmukaista tehdä.

Tämän työn aikana on toteutettu päälystettyjen teiden ja talvihoidon arviointiprosessit edellä esitetyn vaiheistuksen mukaisesti. Nämä tuotteet ovat arviointimielessä helpoimmat, koska niissä on selkeimmät tilaindikaattorit, toimenpiteiden kustannustaso ja yhteys tilaindikaattorien arvoihin tunnetaan melko hyvin, ja rahoitusmuutosten kohdistaminen pystytään asettamaan kokemukseen sekä toimintalinjoihin perustuen. Verkkotason tilaindikaattorien ja vaikutusmittarien välisen yhteyden arvioiminen/laskeminen on näilläkin tuotteilla vaikeaa, mutta esimerkit osoittavat, että se on mahdollista. Arviointiprosesseissa tehtyjä tuotekohtaisia yksityiskohtaisia laskelmia ei esitetä tässä raportissa, mutta ne on dokumentoitu työn aineistoarkistoon. Arvioinnin tuloksena syntyneet tuotekortit on tallennettu kehitystyössä syntyneisiin työaineistoihin.

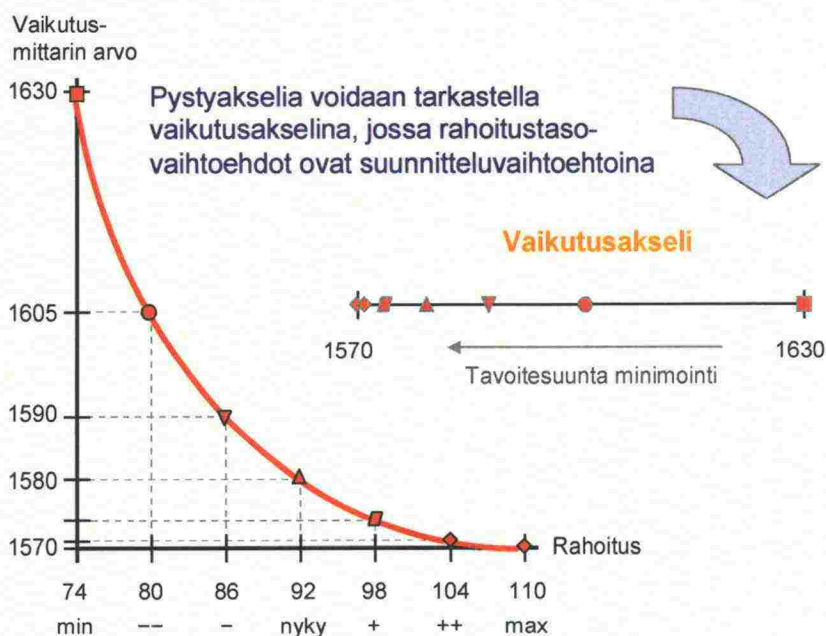
4 LASKENTAMALLI

4.1 Yksittäisen tuotteen vaikutuspotentiaali

Tässä kappaleessa esitetään vaikutusten yhdistämiseen ja painotukseen rakennettu preferenssimalli sekä tehokkaiden allokaatioiden laskemiseen sovitettu RPM-optimointimalli. Mallien lähtökohtana on, että tuotteille on määritetty rahoitustasovaihtoehdot, ja näille vaihtoehdoille saadaan arvioitua kaikkien vaikutusmittareiden arvot. Päätösanalyysin periaatteita noudattaen malli rakentuu vaiheittain erillään tarkasteltavista osakokonaisuuksista kohti yhdistävää tarkastelua. Vaikutusten tarkastelutasojen selkiyttämiseksi esityksen aluksi määritellään seuraavat tasokäsitteet:

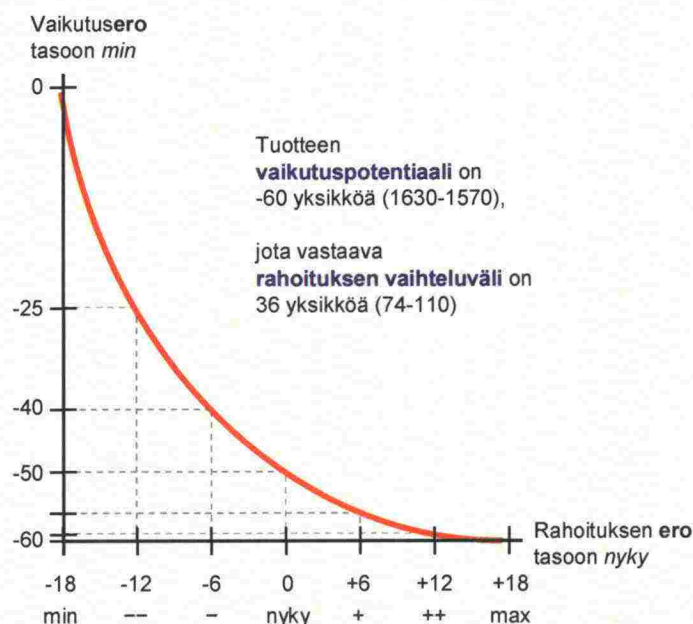
- **Tuotetarkastelut** tehdään erikseen jokaiselle tuotteelle ja jokaiselle vaikutusalueelle (esimerkiksi "tuotteen vaikutuspotentiaali").
- **Yhteistarkasteluissa** yhdistetään tuotteiden tarkastelut kunkin vaikutusalueen osalta, mutta vaikutusalueet pidetään vielä erillään (esimerkiksi "yhteisvaikutuspotentiaali").
- **Kokonaistarkasteluissa** yhdistetään myös vaikutusalueet (esimerkiksi "kokonaisvaikutuspotentiaali").

Vaikutusten yhdistämisen ensimmäinen askel on siis tuotekohtainen rahoituksen ja kunkin vaikutusalueen välinen yhteys, jonka perusteella rahoitustasovaihtoehdot voidaan kuvata vaikutusakseleilla (Kuva 6). Teoriassa rahoitusakselin ja vaikutusmittarin mittayksikköakselin välinen yhteyskäyrä on jatkuva, mutta mallin määrittelyn mukaisesti rahoitusakselilta tarkastellaan vain 7 kiinnitettyä pistettä (rahoitustasovaihtoehdot). Arvioinnin kannalta tämä tarkoittaa, että yhteyttä ei tarvitse mallintaa jatkuvana funktiona, vaan vaikutusmittarin arvon määrittäminen 7 kiinnitettyssä pisteessä riittää.



Kuva 6: Tuotteen rahoitustasovaihtoehtojen ja vaikutusmittarin välinen yhteys sekä analogia vaihtoehtojen esittämiseen vaikutusakselilla. Kuvan luvut ovat kuvitteellisia, joskin suuruusluokaltaan lähellä talvihoidon liikenneturvallisuusvaikutuksen lukuja. Vaihtoehdot on nimetty "min, --, -, nyky, +, ++, max". Samaa esimerkkiä hyödynnetään myös kappaleen 4 seuraavissa kuvissa.

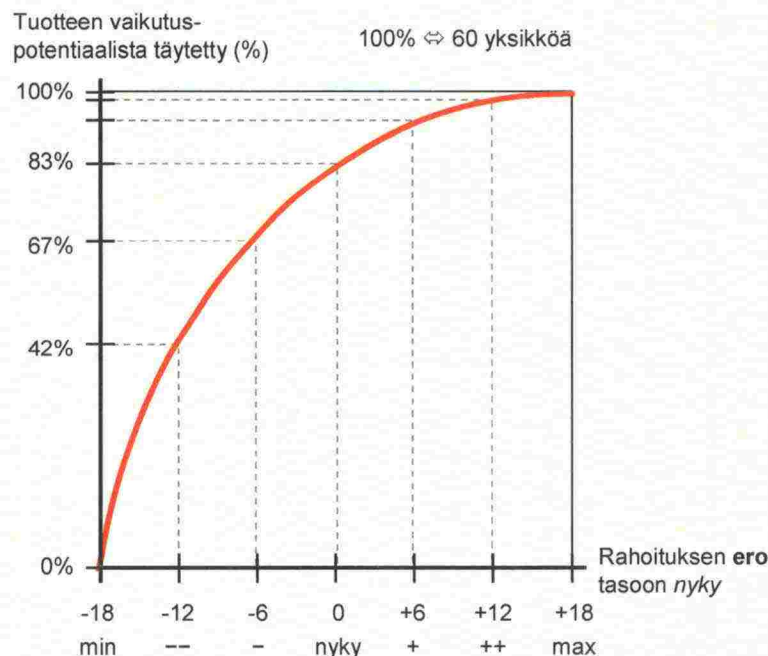
Vaihtoehtojen vertailussa kiinnostus on ensisijaisesti arvoeroissa eikä niinkään mittareiden absoluuttisten arvojen tasoissa (Kuva 7).



Kuva 7: Esimerkitapaus (Kuva 6) vaikutuspotentiaalina kuvattuna. Rahoituksen ero ilmaistaan suhteessa nykyiseen rahoitustasoon ("nyky"). Vaikutusmittarin arvon ero ilmaistaan suhteessa huonoimpaan arvoon tavoitesuunta huomioiden (esimerkissä tavoitteena on minimointi, joten 1630 on huonoin arvo ja 1570 on paras arvo, ja erotus asettuu välille huonoin = 0 → -60 = paras).

Tässä yhteydessä määritellään mallissa käytettävä käsite **tuotteen vaikutuspotentiaali** kunkin vaikutusalueen suhteen. Tuotteen vaikutuspotentiaali on vaikutusmittarin parhaimman ja huonoimman arvon erotus, joka on saavutettavissa tuotteelle asetetun rahoituksen vaihteluvälin puitteissa. Vaikutuspotentiaali on siis sidoksissa tuotteelle asetetun rahoituksen vaihteluväliin. Vaikutusmittarin paras ja huonoin arvo määräytyy vaikutuksen tavoite-suunnan perusteella. Tässä oletetaan, että vaikutusmittarin huonoin arvo saavutetaan rahoitustasolla *min*, paras arvo rahoitustasolla *max* ja muiden tasojen arvot asettuvat laskevaan/nousevaan järjestykseen näiden ääripäiden välille. Vaikutuspotentiaalin määrittely onnistuu myös muunlaisille tilanteille (esimerkiksi tavoitteena vaikutusmittarin nykyisen arvon säilyttäminen, joka saavutettaisiin nykyisellä rahoitustasolla), mutta perusmalli esitellään tätä monotonisuusoletusta käyttäen.

Vaikutusmittarien arvojen esittäminen tuotteen potentiaalin täyttymisasteena (Kuva 8) on tärkeä askel erimitallisten vaikutusten laskennallisessa käsitteilyssä. Esitystavassa ei enää esiinny vaikutusmittarin mittayksikköä, vaan esityksessä ilmaistaan kuinka suuri prosenttiosuus tuotteen vaikutuspotentiaalista on saavutettu kullakin rahoitustasolla. Määritelmän mukaisesti vaihtoehdot saavat arvoja väliltä 0-100% siten, että väistämättä joku vaihtoehtoista saa arvon 0% ja joku saa arvon 100%.

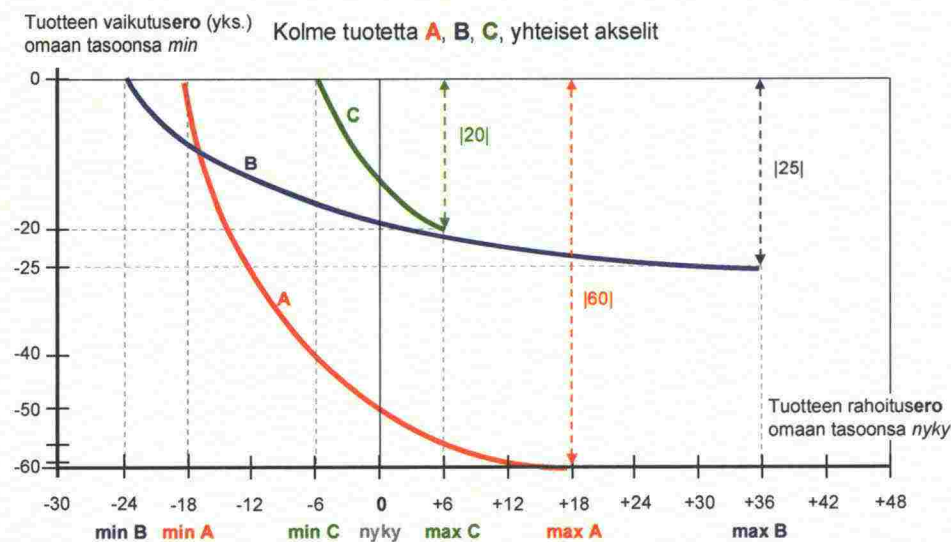


Kuva 8: Tuotteen vaikutuspotentiaalin täyttymisaste. Arvo 0% vastaa vaikutusmittarin huonointa arvoa (potentiaalista saavutettu 0 yksikköä). Arvo 100% vastaa vaikutusmittarin parasta arvoa (potentiaali saavutettu kokonaan).

Täyttymisaste-esityksessä on kaksi etua: (a) minimoitavat ja maksimoitavat vaikutukset saadaan esitettyä analogisesti, eli suurempi prosenttiluku vastaa aina parempaa (ei välttämättä suurempaa) vaikutusmittarin arvoa, ja (b) suuruusluokaltaan erilaiset vaikutuspotentiaalit saadaan esitettyä rinnakkain yhtenevällä asteikolla. Tuotteesta ja vaikutusalueesta riippuu kuinka monta vaikutusmittarin mittayksikköä kuvassa täyttyvä vaikutuspotentiaali on, eli mikä on prosenttiyksikön ja mittayksikön välinen vastaavuus.

4.2 Vaikutuspotentiaalien normeeraaminen pisteiksi

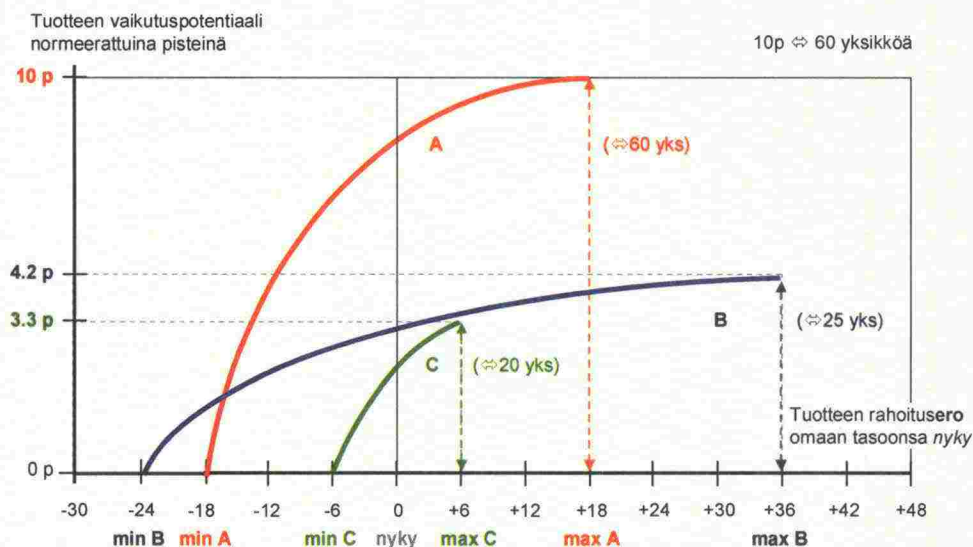
Kaikkien tuotteiden vaikutukset arvioidaan samoilla vaikutusaluekohtaisilla vaikutusmittareilla, ja jokaisen tuotteen rahoitustasovaihtoehdot on määriteltä miljoonina euroina vuodessa. Siten jokaiselle tuotteelle voidaan määrittää vaikutuspotentiaalikuvaajat (Kuva 7) yhteneviä akseleita ja mitta-yksiköitä käyttäen kullekin vaikutusalueelle. Seuraavassa esimerkissä esitetään kolme kuvitteellista tuotetta, joilla kullakin on omat rahoituksen vaihteluvälinsä ja joille on arvioitu vaikutuspotentiaalikuvaajat saman vaikutusalueen suhteen. Nämä erikseen arvioidut, keskenään yhdenmukaiset, vaikutuspotentiaalikuvaajat on yhdistetty samaan kuvaajaan (Kuva 9).



Kuva 9: Kolmen tuotteen vaikutuspotentiaalit samassa kuvaajassa (vrt. Kuva 7). Tuote A on sama kuin edellä, eli sen rahoituksen vaihteluväli on $-18 \rightarrow +18$ ja vaikutuspotentiaali 60 yksikköä tavoitesuuntana minimointi ($0 \rightarrow -60$). Tuotteen B rahoitusväli on $-24 \rightarrow +36$ ja sen vaikutuspotentiaali on 25 yksikköä ($0 \rightarrow -25$). Tuotteen C rahoitusväli on $-6 \rightarrow +6$ ja sen vaikutuspotentiaali on 20 yksikköä ($0 \rightarrow -20$).

Vaiikutuspotentiaalien pisteiksi normeeraamisessa käytetään samaa periaatetta kuin potentiaalin täyttymisasteessa (Kuva 8). Normeerauksessa huomioidaan eri tuotteiden potentiaalien suuruudet siten, että suurimman potentiaalin täyttyminen vastaa 10 pistettä. Muiden tuotteiden potentiaalin täyttymisestä kertyvät pisteet määräytyvät niiden potentiaalin suuruudesta verrattuna suurimpaan potentiaaliin.

Käsiteltävässä esimerkissä suurin potentiaali tähän vaikutusalueeseen on tuotteella A (60 yksikköä), joten sen potentiaalin täyttymisestä saa 10 pistettä. Tuotteen B potentiaalin täyttymisestä saa $25/60 \cdot 10$, eli noin 4.2 pistettä. Tuotteen C potentiaalin täyttymisestä saa $20/60 \cdot 10$, eli noin 3.3 pistettä (Kuva 10). Pisteet ovat siis vain tuotteiden vertailuun soveltuva normeerattu esitystapa. Pisteiden väliset erot ovat suoraan kytköksissä vaikutusalueen alkuperäisen vaikutusmittarin arvoihin. Tässä esimerkissä 1 piste vastaa 6 yksikköä ($60/10$) vaikutusmittarin arvoa.



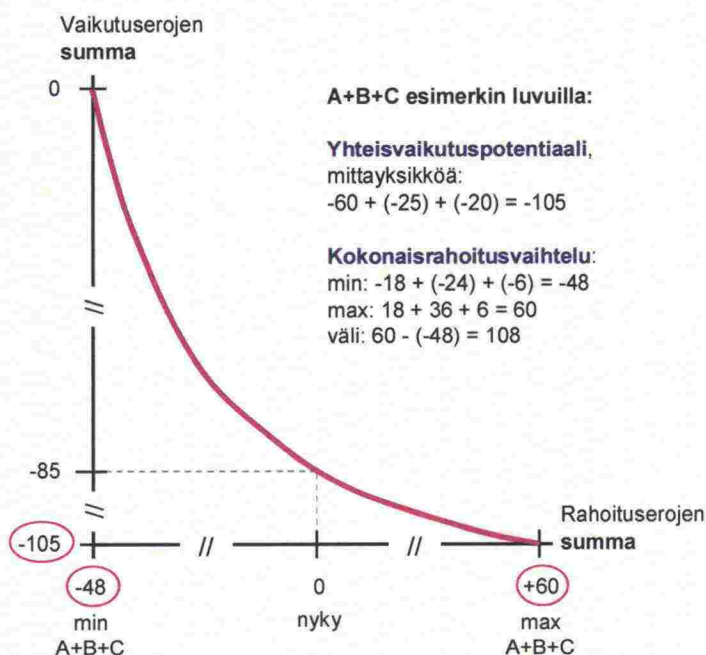
Kuva 10: Tuotteiden vaikutuspotentiaalin normeeraaminen pisteiksi. Suurin potentiaali vastaa 10 pistettä. Muiden potentiaalien pisteet määritetään osuuksina suurimmasta 10 pisteestä potentiaalien mittayksiköillä mitatun suuruuden mukaisissa suhteissa.

Esitystavan ja normeerauksen johdosta kaikkien tuotteiden vaikutukset kaikkien vaikutusalueiden (-mittareiden) suhteen saadaan muunnettua pisteiksi välille 0-10. Yhden pisteen ja vaikutusalueen mittayksikön vastaavuus tulee ehdottomasti ottaa huomioon vaikutuksia yhdistettäessä ja painotettaessa. Moniattribuuttisen arvoteorian (Multi-Attribute Value Theory, MAVT; Keeney ja Raiffa, 1976) viitekehyksessä tarkasteltuna tuotteiden vaikutusten pisteytyksessä on kyse attribuuttikohtaisten *arvofunktioiden* määrittämisestä. Rahoitustason ja vaikutusmittarin välinen yhteys (Kuva 6 ja Kuva 7) määrittää tuotteiden vaikutusaluekohtaisten arvofunktioiden muodon. Näiden arvofunktioiden vertailu rinnakkain (Kuva 9) määrittää arvofunktioiden tason toisiinsa nähden. Pisteytys normeeraa nämä tasot ja samalla koko arvofunktiot pisteasteikolle (Kuva 10). Tässä vaiheessa arviointi keskitetään vain yhteen vaikutusalueeseen kerrallaan: keskeistä on tuotteen ”sisällä” sen rahoitustasovaihtoehtojen väliset erot (käyrän muoto), ja tuotteiden ”välillä” niiden vaikutuspotentiaalien suuruuden keskinäiset suhteet (käyrän taso).

Pistevälin valinta ja suoritettava normeeraus eivät rajoita mallin yleispätevyyttä. Pisteväliksi voitaisiin yhtä hyvin valita esimerkiksi 0-100, ja tuotteita sekä vaikutusalueita voi muuttaa tämän rakenteen puitteissa. Jos tuote- ja vaikutusmäärittelyjä muutetaan, tulee aiemmin normeerattujen pisteystysten pätevyys tarkistaa yhdessä päätösanalyysiasiantuntijan kanssa.

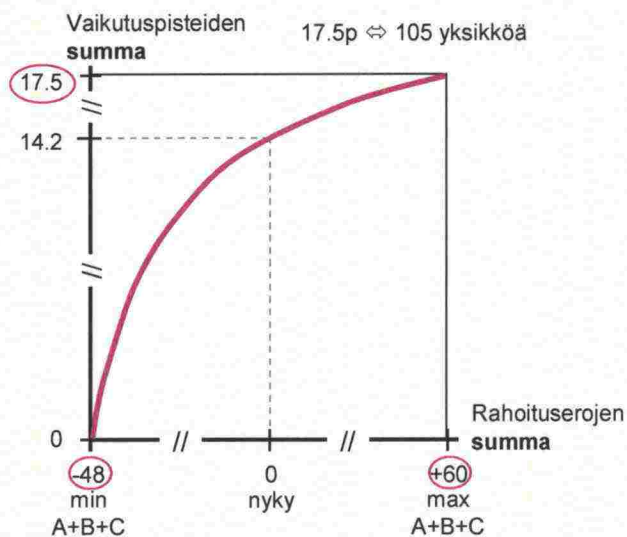
4.3 Monen tuotteen yhteisvaikutus

Mallissa oletetaan, että tuotteiden yhteisvaikutus on yksittäisten tuotteiden vaikutusten summa. Laskemalla kaikkien tuotteiden vaikutuspotentiaalit ja rahoituksen vaihteluvälit yhteen saadaan esitettyä kokonaisrahoituksen vaihteluvälillä saavutettavissa oleva **yhteisvaikutuspotentiaali** kunkin vaikutusalueen suhteen (Kuva 11).



Kuva 11: Esimerkin tuotteiden A+B+C yhteisvaikutuspotentiaali. Yksittäisten tuotteiden vaikutuspotentiaalit ja rahoituksen vaihteluvälit lasketaan yhteen. Käyrän pää on kiinnitetty, mutta sen muoto riippuu kokonaisrahoituksen allokoinnista tuotteiden kesken.

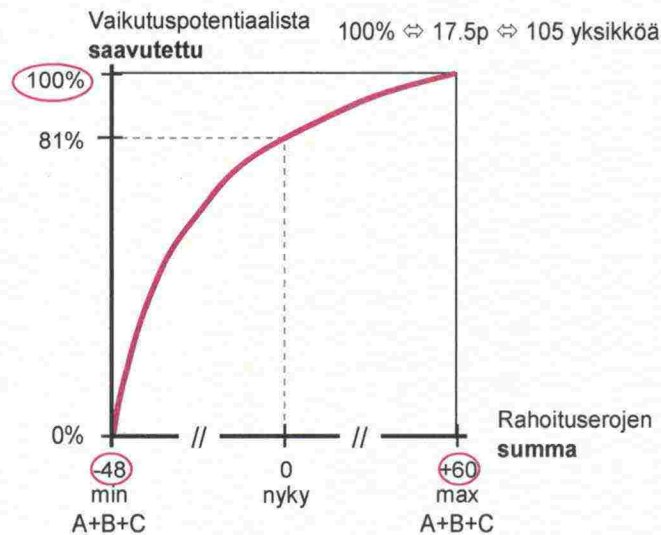
Vaikutusten yhteenlasku voidaan tehdä täysin ekvivalentisti vaikutusalueen mittayksiköillä tai pisteillä (Kuva 12), koska niiden välillä on kiinteä yhteys.



Kuva 12: Esimerkin yhteisvaikutuspotentiaali pisteinä.

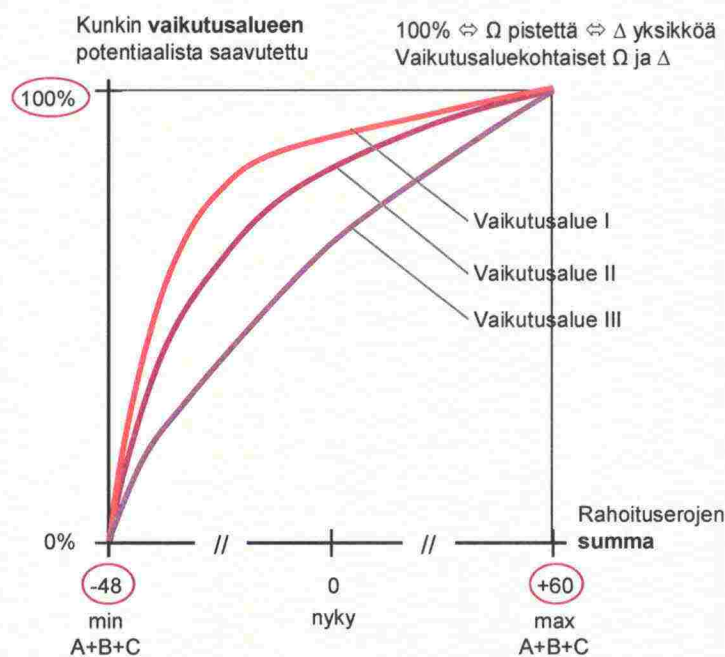
Myös yhteisvaikutuspotentiaalia voidaan kuvata täyttymisasteella (Kuva 13). Yhteispotentiaalista on täytetty 0%, kun kaikkien tuotteiden rahoitus on minimitasollaan, jolloin myös kokonaisrahoitus on minimitasollaan. Yhteispotentiaalista on täytetty 100%, kun kaikkien tuotteiden rahoitus on maksimitasollaan, jolloin myös kokonaisrahoitus on maksimitasollaan. Joidenkin vaikutusalueiden osalta 100% täyttymisaste voidaan saavuttaa jo kokonaisrahoi-

tuksen maksimitasoa alhaisemmalla rahoitustasolla. Tällöin joidenkin tuotteiden vaikutuspotentiaali kyseisen alueen suhteen saavutetaan 100%:sti jo maksimitasoa alhaisemmalla rahoituksella, eli rahoituksen nostamisella maksimitasolle ei saada enää lisää vaikutusta kyseisellä alueella.



Kuva 13: Esimerkin yhteisvaikutuspotentiaalin täyttymisaste.

Monen vaikutusalueen rinnakkaista täyttymistä voidaan kuvata yhteis-
potentiaalien täyttymisasteilla (Kuva 14). Eri yksiköillä mitattuja vaikutuksia voi-
daan tarkastella rinnakkain prosenttikäyrinä. Kokonaisrahoituksen vaihtelu-
väli on lähtöisin tuotteista ja siten yhteinen kaikille vaikutusalueille.



Kuva 14: Monen vaikutusalueen yhteis-
potentiaalin täyttyminen. Esimerkissä on
edellä kuvattu vaikutusalueen II käyrän muodostumista. Alueiden I ja III
käyrät muodostetaan samoilla periaatteilla erillisissä arviointiprosesseissa.

Vaikutuspotentiaali on määritelty ja pisteet on normeerattu kaikkien vaikutusalueiden osalta siten, että kaikkien tuotteiden rahoituksen minimitasolla vaikutuspotentiaalista on täytetty 0%. Vastaavasti maksimirahoituksella saavutetaan aina 100% potentiaalista. Tällä välillä käyrien muodot ja vaikutusalueiden painotukset määrittävät mistä tuotteista lisärahalle saadaan paras rajahyöty, ja miten eri kokonaisrahoitustasot olisi optimaalista allokoida tuotteiden kesken kokonaisvaikutuksen maksimoimiseksi. Vaikutusalueesta riippuu kuinka monta vaikutusmittarin mittayksikköä kuvassa täyttyvä yhteisvaikutuspotentiaali on, eli mikä on prosenttiyksikön ja mittayksikön välinen vastaavuus kullakin käyrällä.

4.4 Kokonaisvaikutus ja vaikutusalueiden painokertoimet

Kokonaisvaikutuksen määrittelyssä kohdataan tarve yhdistää eri vaikutusalueet. Erimittallisten vaikutusten yhdistämisessä on esisijaisesti kyse vaikutusten välisistä trade-off -tilanteista sekä niihin liittyvistä arvostuksista ja vaihtosuhteista. Ei "omenoita ja appelsiineja" voi varsinaisesti yhdistää, mutta niiden välillä eteen tulevien valintatilanteiden ratkaisemiseksi voidaan rakentaa preferenssimalli, joka antaa suurimman kokonaisarvon mielekkäimmälle "hedelmäkoriille". Tällaisen mallin rakentamisessa voidaan hyödyntää esimerkiksi vaihtosuhdetta, jonka perusteella yksi omena vastaa kahta appelsiinia. Tämän vaihtosuhteen selvittämiseksi voidaan esittää arvostuskysymys esimerkiksi muodossa "kuinka monta appelsiinia sinun tulee vähintään saada, jotta olet valmis vaihtamaan yhden omenan appelsiineiksi?". Jos vastaus on kaksi, ja tarjolle tulee vaihtoehdoksi valita yksi omena tai kolme appelsiinia, valitsee rationaalinen päätöksentekijä appelsiinit. Jos omenasta tarjotaan vain yhtä appelsiinia, valitaan omena. Tällaisten yksinkertaisten vertailujen lisäksi päätöksentekijän preferenssien rakenteesta joudutaan tekemään tiettyjä oletuksia, joiden perusteella preferenssimalli saadaan rakennettua. Valmiin mallin avulla voidaan periaatteessa ratkaista "automaattisesti" kaikki mahdolliset valintatilanteet, jotka mahtuvat preferenssimallin määrittelyraamien sisään. Tienpidon rahoituksenjaossa valintatilanne on vielä huomattavasti monimutkaisempi, koska siinä tulee valita rahoitustasot 8 tuotteelle samanaikaisesti asetettujen vaihteluvälien ja rajoitusehtojen puitteissa. Kokonaisvaikutusta kuvaava preferenssimalli pyrkii auttamaan päätöksentekijää näiden valintojen tekemisessä.

Tässä mallissa kokonaisvaikutus mallinnetaan vaikutusalueiden yhteispisteiden painotettuna summana. Teknisesti kyseessä on niin kutsuttu additiivinen malli, joka on MAVT-koulukunnassa (Keeney ja Raiffa, 1976) eniten käytetty preferenssimallirakenne. Eri vaikutusalueiden pisteet kerrotaan painokertoimilla ja lasketaan yhteen. Käyvistä rahoitusallokaatioista mielekkäin on se, jolla tämä pisteiden painotettu summa (eli kokonaisvaikutus) on suurin.

Mallin painokertoimet kuvaavat oleellisesti vaikutusmittarien välisiä vaihtosuhteita. Painokertoimien määrittely kytkeytyy eri vaikutusalueiden pisteisiin ja sitä kautta vaikutuspotentiaaleihin. *Vaikutusalueen painokerroin* kuvaa kyseisen alueen yhden normeeratun pisteen aikaansaamaa muutosta kokonaisarvossa. Painottamattomassa perustilanteessa kaikkien vaikutusalueiden pisteitä pidetään yhtä arvokkaina, eli kaikille vaikutusalueille annetaan yhtä suuri painokerroin. Mallin yleispätevyyttä rajoittamatta painokertoimet normeerataan tyypillisesti siten, että ne ovat positiivisia ja niiden summa on yksi. Tällöin yhtä suurten painokertoimien arvoksi tulee 0.25.

Painokertoimet määrittävät vaihtosuhteen eri vaikutusalueiden mitta-asteikoiden välille. Tilannetta voidaan hahmottaa esimerkin avulla. Tarkastellaan kahta vaikutusaluetta, jotka on arvioitu edellä esitetyn mukaisesti seuraavin tuloksin:

- Vaikutusalue I: suurin vaikutuspotentiaali on 1500 mittayksikköä, joka vastaa määritelmän mukaisesti 10 pistettä. Yksi piste vastaa siten 150 mittayksikköä.
- Vaikutusalue II: suurin vaikutuspotentiaali on 60 mittayksikköä, joka vastaa määritelmän mukaisesti 10 pistettä. Yksi piste vastaa siten 6 mittayksikköä.

Painottamattomassa perustilanteessa molempien vaikutusalueiden pisteitä pidetään yhtä arvokkaina. Additiivisessa mallissa voidaan tällöin määrittää seuraava vaihtosuhte:

- 150 mittayksikön parannus vaikutusalueella I vastaa 6 mittayksikön parannusta vaikutusalueella II, eli vaikutusalueiden välinen vaihtosuhte on 25:1 ($150/6 = 25$).

Jos painokertoimia muutetaan esimerkiksi siten, että vaikutusalueen II paino on *kaksinkertainen* vaikutusalueeseen I verrattuna, saadaan seuraavat yhtiävät vaihtosuhteet:

- Yhtä pistettä vaikutusalueelta II pidetään yhtä arvokkaana kuin kahta pistettä vaikutusalueelta I.
- Normeeratut painokertoimet ovat $w_I = 0.33$ ja $w_{II} = 0.67$ (eli $w_{II} = 2 \cdot w_I$).
- Kahden pisteen, eli $2 \cdot 150 = 300$ mittayksikön, parannus vaikutusalueella I vastaa yhden pisteen, eli 6 mittayksikön, parannusta vaikutusalueella II, joten vaikutusalueiden välinen vaihtosuhte on 50:1 ($300/6 = 50$).

Tarkastellaan esimerkiksi tilannetta, jossa on lisärahoitus mahdollista alokoida kahdella vaihtoehtoisella tavalla (a tai b), joiden vaikutukset ovat:

- a) 300 yksikköä vaikutusta I, tai
- b) 10 yksikköä vaikutusta II.

Painottamattomassa perustilanteessa valitaan vaihtoehto (a), koska tarjolla oleva vaihtosuhte 30:1 on parempi kuin tasa-arvoinen vaihtosuhte 25:1. Valinta ratkeaa painotettujen pisteiden perusteella, jotka ovat vaihtoehtosta (a) $0.5 \cdot (300/150) = 1$, ja vaihtoehtosta (b) $0.5 \cdot (10/6) = 0.83$. Jos vaikutusta II on päätetty painottaa kaksinkertaisella painolla, valitaan vaihtoehto (b), koska tarjolla oleva vaihtosuhte on huonompi kuin painotettu tasa-arvoinen vaihtosuhte 50:1. Tällöin painotetuiksi pisteiksi saadaan vaihtoehtosta (a) $0.33 \cdot (300/150) = 0.66$, ja vaihtoehtosta (b) $0.67 \cdot (10/6) = 1.12$.

Painokertoimet ovat edellä esitetyn esimerkin mukaisesti tärkeä osa preferenssimallia. Kun tuotteiden pisteytykset (arvofunktiot) on kiinnitetty, voidaan painokertoimilla vaikuttaa erilaisten valintatilanteiden ratkaisuihin. Rahanjossa valinnat koskevat useita rahoitustasoja samanaikaisesti, joten valintatilanteiden käsittelyyn tarvitaan laskentamallia päätöksentekijän tueksi. Pai-

nokertoimet vaikuttavat mallin ”tekemiin” valintoihin edellä esitetyn logiikan mukaisesti, **eli painokertoimilla voidaan ohjata rahoituksen jakoa**.

Painokertoimien määrittelyn kohdistamisessa tulee olla tarkkana, ja tämä vaihe onkin hyvä tehdä kokeneen päätösanalyysiasiantuntijan johdolla. Vaih-
toehtoinen määrittelyn kohdistaminen on asettaa vaikutusalueen painoker-
roin kuvaamaan kokonaisarvossa tapahtuvaa muutosta, kun alueen yhteis-
vaikutuspotentiaali täyttyy arvosta 0% arvoon 100%. Ero edellä kuvattuun
määrittelyyn ei ole suuri, ja molempia määrittelyjä voidaan pitää perusteltui-
na. Lisäksi painoihin liittyvän epävarmuuden mallintaminen johtaa eräänlai-
seen ennakoivaan herkkyyksianalyysiin, jossa vaikutusalueiden välisiin tark-
koihin vaihtosuhteisiin ei tarvitse ottaa kantaa, vaan painotukset voidaan an-
taa tärkeysjärjestyksinä ja/tai painokertoimien vaihteluväleinä.

4.5 Epätäydellinen informaatio painokertoimista

Eräs RPM-menetelmän (Liesiö, Mild, Salo, 2007; 2008) ja sen taustalla ole-
van Preference Programming -menetelmäperheen (mm. Salo ja Hämäläi-
nen, 2009) keskeisiä ominaisuuksia on nk. *epätäydellisen informaation* mal-
lintaminen additiivisen preferenssimallin parametreille. Tyypillisimmin tätä
ominaisuutta on hyödynnetty mallin painokertoimille erilaisten tärkeysjärjes-
tysten muodossa (Salon ja Punkkan, 2005). Painokertoimia ei kiinnitetä tar-
koiksi luvuiksi, vaan niille annetaan suuruusjärjestys. Tällaisen järjestyksen
puitteissa on ääretön määrä erilaisia painovektoreita, jotka käydään läpi las-
kentamenetelmän avulla. Jos esimerkiksi asetetaan, että vaikutusalueen II
paino w_{II} on suurempi kuin vaikutusalueen I paino w_I , käypiä normeerattuja
painovektoreita (w_I, w_{II}) ovat esimerkiksi (0.33, 0.67), (0.2, 0.8) ja (0, 1). Use-
amman vaikutusalueen tapauksessa myös osittaisten järjestysten ja jokaisel-
le alueelle annettavan minimipainon asettaminen on mahdollista.

Epätäydellinen painotus rajaa vaikutusalueiden painokertoimet käyville vaih-
teluväleille. Koska painokertoimet ovat sidoksissa vaikutusmittarien yksiköi-
den välisiin vaihtosuhteisiin, saadaan epätäydellisellä painotuksella rajattua
myös vaihtosuhteet päätöksentekijän asettamiin rajoihin. Rajoiksi voitaisiin
asettaa esimerkiksi, että ”yhden heva-yksikön vähentäminen on yhtä arvo-
kasta kuin tyytymättömien asiakkaiden vähentyminen 0.1-0.2 prosenttiyksik-
köllä” tai ”yhden heva-yksikön lisääntymisestä tulee vastineeksi korjausvelan
alentua vähintään miljoonalla Eurolla”. Tämän raportin laskentaesimerkeissä
epätäydellistä painotusta ei ole tarkasteltu näin yksityiskohtaisesti, mutta
teoriassa kyse on vaikutusalueiden mittayksiköiden välisten vaihtosuhteiden
ohjaamisesta ja suuntaa-antavasta rajoittamisesta. Lähestymistapa avaa
mahdollisuuksia verkkotason vaikutusten ja ohjausmekanismin operationali-
soimiseksi, mutta työ vaatii tarkkaa määrittelyä ja käyttäjien perehdyttämistä
pätösanalyysiasiantuntijan johdolla.

Epätäydellistä painotusta voidaan myös pitää ennakoivana herkkyyksianalyy-
sina. Sen sijaan, että rahoituksen jakoa optimoitaisiin vain yksillä kiinnitetyillä
painoilla, lasketaan tulokset suoraan huomioiden kaikki epätäydellisen pai-
notuksen puitteissa käyvät painovektorit. Koska kaikkia laskentaan sisään
meneviä lukuja ei ole kiinnitetty yksikäsitteisesti, ei ulostulokaan ole välttä-
mättä yksikäsitteinen. Erilaisilla painotuksilla saadaan hieman toisistaan
poikkeavia tuloksia, joiden käsittelyä ja hyödyntämistä esitellään raportin
kappaleessa 5.

Epätäydelliseen informaatioon perustuvan lähestymistavan pyrkimyksenä on haarukoida mille vaihteluväleille tulokset asettuvat parametreissa huomioitun epävarmuuden puitteissa. Kiinnostavaa on yhtä lailla se, mitkä arvot ovat mahdollisia tuloksia kuin se, mitkä arvot eivät missään tapauksessa ole osa optimiratkaisua. Tarvittaessa tätä mahdollisten ratkaisujen joukkoa voidaan tiivistää informaatiota tarkentamalla. Äärimmäisessä tapauksessa informaatio on "täydellistä", eli kaikki parametrit (painokertoimet) on kiinnitetty tarkasti, ja laskennan tuloksena saadaan yksikäsitteinen optimiratkaisu. Sovelluksissa ei kuitenkaan tyypillisesti pyritä tarkentamaan kaikkea informaatiota mallin avulla, vaan usein on tarkoituksenmukaisinta tuottaa suuntaantavia tuloksia systemaattiseen mallintamiseen perustuen ja tukea siten päätöksentekijöitä lopullisten valintojen tekemisessä ja perustelemissa.

Periaatteessa myös tuotteiden vaikutuspotentiaaleihin liittyvää epävarmuutta voidaan mallintaa epätäydellisenä informaationa. Tällöin tuotteiden vaikutuspotentiaalit ja niistä johdetut pisteet asetettaisiin vaihteluväleinä, esimerkiksi muodossa "talvihoidon vuotuisen rahoituksen nostamisella tasolta 75 M€/v (minimi) tasolle 110 M€/v (maksimi) saadaan liikenneturvallisuutta parannettua 60-80 hevalla vuodessa". Laskentamallissa kokeiltaisiin koko vaihteluvälin kaikkia arvoja vertaillaessa talvihoitoa muihin tuotteisiin. Tällaisen epävarmuuden mallintaminen vaikuttaa varsin houkuttelevalta, joskin vaihteluvälien lisääminen mallin syötteisiin johtaa väistämättä myös tulosten vaihteluvälien levenemiseen. Tuotekohtaisten vaihteluvälien käsittely on laskennallisesti mahdollista, mutta erittäin haastavaa mallin koon kasvaessa. Vaikutuspotentiaalien epävarmuuteen liittyvän mallintamisen tarkoituksenmukaisuuden arviointi ja mahdollinen kehitystyö jätetäänkin tässä vaiheessa jatkotutkimuksen aiheeksi.

4.6 Optimointimalli ja rajoitusehdot

Tässä vaiheessa jokaisen 8 tuotteen 7 rahoitustasovaihtoehdolle on määritettynä seuraavat parametrit:

- a) **Vaikutuspisteet** jokaisen 4 vaikutusalueen suhteen. Pisteet määräytyvät "vaikutuskäyrien" muotojen ja vaikutuspotentiaalien perusteella (kappaleet 4.1 ja 4.2).
- b) **Kustannus**, joka esitetään poikkeamana tuotteen nykyisestä rahoitustasosta. Jokaisen tuotteen rahoitustasovaihtoehdon "nyky" kustannus on siis 0. Kustannuksen yksikkö on miljoonaa Euroa vuodessa, ja se oletetaan kiinnitetyksi 5 vuoden ajaksi ja/tai se kuvaa seuraavan 5 vuoden keskiarvoa (kappale 3.2).

Näin ollen jokaista $8 \times 7 = 56$ tuote-rahoitustasoparia voidaan käsitellä erillisinä "projekteina", joilla on kustannus ja pisteet 4 kriteerin suhteen. Tässä muodossa tehtävä asettuu RPM-menetelmän viitekehukseen, periaatteessa samaan tapaan kuin siltojen korjausohjelmointisovellus (Tiehallinto, 2006a).

Kun tähän lisätään, että vaikutusalueiden välisistä vaihtosuhteista (painokertoimista) on kerätty **epätäydellistä informaatiota** (kappaleet 4.4 ja 4.5), hahmottuu tilanteesta vieläkin selkeämmin juuri RPM-malli. Tässä kehitystyössä mallinnuksen aiemmatkin vaiheet on toki tehty RPM-malliin tähdäten, mutta jatkuvia muuttujia sisältävän allokatiotehtävän mallintaminen projektiportfolion valintana ei ole lähtökohtaisesti mitenkään itsestään selvää.

Varsinaisen RPM-optimointimallin kohdefunktio ja rajoitusehdot muodostuvat seuraavasti (tässä projekti on tuotteen rahoitustasovaihtoehto):

- Jokaisen projektin kokonaisarvo on sen pisteiden painotettu summa.
- Optimoinnissa maksimoidaan näiden kokonaisarvojen summaa.
- Jokaisesta tuotteesta valitaan tasan sen rahoitustasovaihtoehtoista, eli yhteensä 8 projektia, yksi kunkin tuotteen 7 vaihtoehdosta.
- Projektien yhteenlaskettujen kustannusten summan tulee olla kokonaisbudjetille asetetun muutoksen suuruinen. Perustilanteessa tämä muutos on nolla, eli nykyistä kokonaisbudjettia allokoidaan nollasummapelinä tuotteiden kesken. Samalla optimointimallilla voidaan tarkastella myös nykyistä pienemmän tai suuremman kokonaisbudjetin allokointia.

Optimointiin voidaan haluttaessa lisätä myös muita rajoitusehtoja joko tuotekohtaisesti tai vaikutusaluekohtaisesti. Tällaisia rajoituksia voivat olla esimerkiksi vaatimus rahoituksen leikkausten kohdistamisesta siten, että minäkään tuotteen rahoitustaso ei saa nousta kokonaisbudjetin pienentyessä tai että liikenneturvallisuuden yhteispotentiaalin täyttymisaste ei saa alentua nykytasosta. Rajoitusehdot ovat painokertoimia voimakkaampi ratkaisujen muokkauskeino, koska optimoinnin käypien ratkaisujen on pakko toteuttaa asetetut rajoitusehdot. Rajoitusehdot ovat ikään kuin vaatimuksia ja painokertoimien avulla esitetään toiveita.

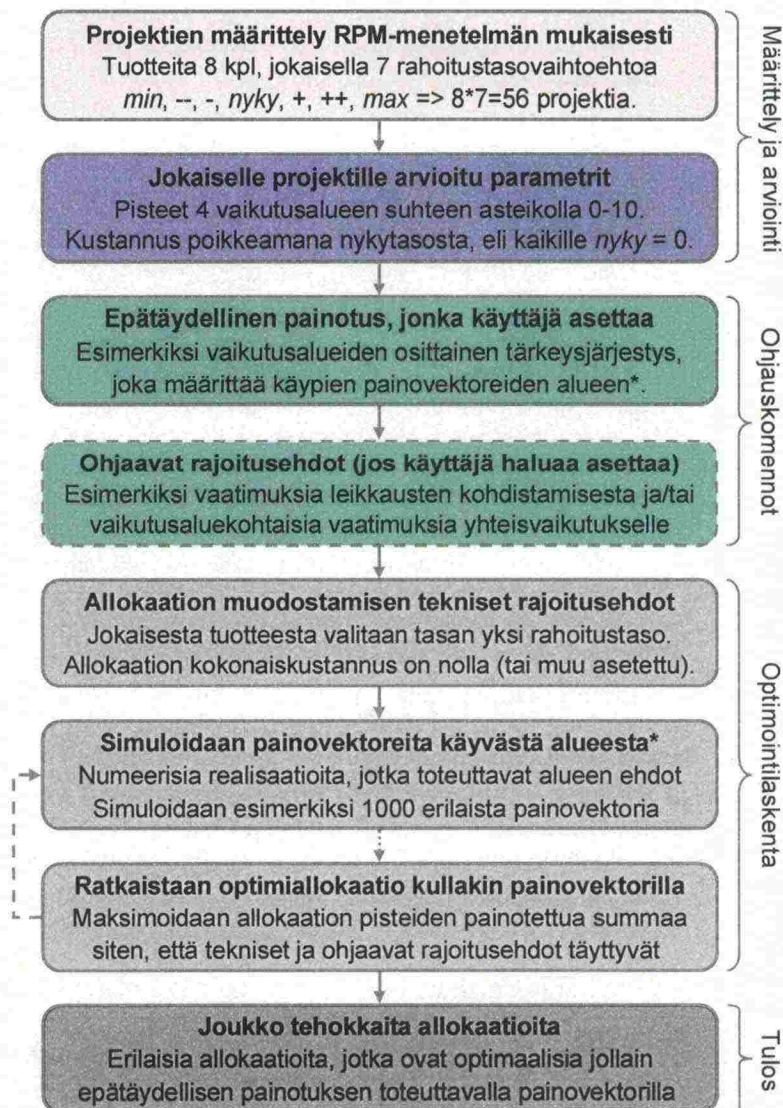
Painokertoimet toimivat mallissa tulosten varsinaisena ohjausmekanismina. Nostamalla tietyn vaikutusalueen painokerrointa kyseisessä vaikutuksessa tapahtuvien yksikkömuutosten arvotusta nostetaan suhteessa muissa vaikutuksissa tapahtuviin muutoksiin. Tällöin korkealle arvostettua vaikutusta tuotavien tuotteiden kokonaisarvo kasvaa, jolloin niihin kannattaa panostaa enemmän rahoitusta kokonaisarvojen summan maksimoimiseksi. Näin ollen vaikutusalueen painokerrointa nostamalla ikään kuin nostetaan ja lasketaan tuotteiden suhteellista arvoa. Optimointimalli huolehtii kustannusten ja raja-hyötyjen hallinnasta, eli sen avulla voidaan nopeasti ratkaista optimaaliset allokaatiot tuhansista erilaisista kombinaatioista millä tahansa painotuksilla.

Epätäydellisen painotuksen johdosta optimoinnin tuloksena ei tyypillisesti saada vain yhtä ratkaisua, vaan joukko **tehokkaita allokaatioita**. Jos kaikki painokertoimet on kiinnitetty tarkasti, saadaan tuloksena yksikäsitteinen ratkaisu. Epätäydellisen painotuksen perusteella voidaan kuitenkin vasta rajata rationaaliselle päätöksentekijälle tehokasta ratkaisujoukkoa. Monitavoiteoptimoinnissa tehokkaan (Pareto-optimaalisen) ratkaisun yleinen määritelmä on, että tehokkaita ovat kaikki sellaiset ratkaisut, joita ei voida asetettujen rajoitusehtojen puitteissa parantaa kaikkien tavoitteiden suhteen samanaikaisesti. Tehokkaasta ratkaisusta toiseen siirryttäessä parannetaan siis aina jotain tavoitealuetta, mutta joudutaan samalla heikentämään jotain toista.

Tässä mallissa epätäydellisen painotuksen laskentateknisessä käsittelyssä ja tehokkaiden allokaatioiden ratkaisemisessa hyödynnetään menetelminä *Monte Carlo simulointia* ja *lineaarista ohjelmointia*. Epätäydellisen painotuksen rajaamasta käypien painovektoreiden alueesta simuloidaan tasajakautuneesti yksittäisiä painovektoreita. Edellä esitetty optimointitehtävä ratkaistaan erikseen käyttäen painokertoimina simuloidun painovektorin alkioiden

arvoja. Optimoinnin tuloksena saadaan yksi tehokas allokatio. Laskennan lopuksi tarkastetaan millaisia erilaisia allokaatioita simuloiduilla painoilla löydettiin, ja listataan tulos tehokkaiden allokaatioiden joukoksi. Tarkan teoreettisesti kyseessä on joukko potentiaalisesti optimaalisia ratkaisuja, jotka ovat osajoukko tehokkaista ratkaisuksista. Kaikki tehokkaat ratkaisut eivät siis välttämättä ole potentiaalisesti optimaalisia, joten aivan kaikkia erilaisia tehokkaita ratkaisuja ei välttämättä löydetä edellä kuvattuun simulointiin perustuvalla approksimatiivisella ratkaisutekniikalla. Tällä seikalla ei kuitenkaan ole ratkaisevaa merkitystä tulosten kannalta, vaan käytettävillä ratkaisutekniikoilla saadaan laskettua riittävän edustava otos tehokkaita allokaatioita, jonka perusteella päästään hyvin tarkastelemaan päätöstilanteeseen liittyviä keskeisimpiä kysymyksiä.

Koko laskentamallin yhteenveto esitetään Kuvassa 15. Malliin menee sisään vaikutuspisteitä ja kustannuksia, ja sitä ohjataan vaikutusten painotuksilla ja rajoitusehdoilla. Laskennan tuloksena saadaan joukko tehokkaita allokaatioita, joiden käsittelyä, tulkintaa ja hyödyntämistä esitellään kappaleessa 5.



Kuva 15: Laskentamallin vaiheiden yhteenveto.

4.7 Laskentamallin sisältämät oletukset

Laskentamallin additiivinen (summaava) rakenne sisältää kaksi keskeistä riippumattomuusoletusta:

1. **Tuotteiden vaikutukset ovat toisistaan riippumattomia.** Jokaisella vaikutusalueella oletetaan, että yhteisvaikutus muodostuu yksittäisten tuotteiden vaikutusten summana. Mahdollisia kerrannaisvaikutuksia, päällekkäisyyksiä tai muita riippuvuuksia ei siten yritetä mallintaa.
2. **Vaikutusalueet ovat keskenään preferenssiriippumattomia.** Kokonaisvaikutus mallinnetaan vaikutusalueiden painotettuna summana. Käytännössä preferenssiriippumattomuus tarkoittaa, että eri vaikutusalueilla tapahtuvien muutosten välisiä preferenssejä kuvaavat vaihtosuhteet (painokertoimet) pysyvät vakioina vaikutusalueiden täytymisasteista riippumatta.

Tuotteiden välinen riippumattomuusoletus on pitkälti käytännön määräämä. Riippuvuussuhteista ei ole riittävästi sellaista tietoa, jonka pohjalta riippuvuuksia olisi tarkoituksenmukaista lähteä mallintamaan ainakaan tässä kehitysvaiheessa. Periaatteessa mallirakenne mahdollistaa moninaisten riippuvuuksien mallintamisen.

Vaikutusalueiden preferenssiriippumattomuusoletus on mallirakenteen määräämä. Voidaan jopa varsin perustellusti argumentoida, että tämä oletus ei toteudu tienpidon päätöksenteossa, koska eri vaikutusalueilla vallitsevilla tilanteilla on varmastikin vaikutusta niiden välisiin preferensseihin. Jos esimerkiksi liikenneturvallisuuden koetaan olevan hyvällä tasolla, ei sen parantamista välttämättä pidetä niin tärkeänä, ja muiden alueiden "kuntoon saattamisen" suhteellinen tärkeys kasvaa. Jos taas liikenneturvallisuus pääsee dramaattisesti heikkenemään, sen "kuntoon palauttamista" pidettäneen hyvinkin tärkeänä. Tällaisten dynaamisten preferenssien käsittely edellyttäisi epälineaarisia laskentamenetelmiä ja/tai nk. interaktiivisia menetelmiä, joissa päätöksentekijöiden tulisi osallistua tiiviisti mallin laskentavaiheeseen tekemällä toistuvia valintoja vaihtoehtoisten etenemissuuntien välillä. Interaktiiviset menetelmät pyrkivät tyypillisesti konvergoitumaan kohti yksikäsitteistä ratkaisua. Niistä ei juurikaan saada päätöksentekoa tukevia vaihteluvälityyppejä ja suuntaa-antavia staattisia tuloksia, vaan menetelmien ydin on interaktiivisessa prosessissa. Preferenssiriippumattomuusoletuksen ohittaminen esimerkiksi interaktiivisten menetelmien avulla edellyttäisi tarkempia funktioita tuotteiden rahoituksen ja vaikutusten välisestä yhteydestä, sekä selkeämpää pyrkimystä ratkaista yksikäsitteinen optimiallokaatio juuri kyseisen monitavoitemallin perusteella yhdessä interaktiivisessa istunnossa. Ainakin mallintamisen tässä vaiheessa koetaan tarkoituksenmukaisemmaksi pyrkiä tuottamaan suuntaa-antavia tuloksia, joita voidaan hyödyntää myös sellaisenaan "hitaasti kääntyvän laivan" ohjaamisen tukena.

Käytännössä mallissa oletetaan myös, että rahoituksella on **laskeva rajahyöty** (lähes) kaikkien tuotteiden ja vaikutusalueiden osalta. Mallirakenne ei määrää tätä oletusta, mutta se on hyvin luonnollinen ja johtaa realistisempiin laskentatuloksiin. Jos tuotteilla on laskeva rajahyöty, jakautuu rahoitus optimiallokaatioissa tasaisemmin tuotteiden kesken. Jos rajahyöty on esimerkiksi vakio (vrt. lineaariset rahoitus-vaikutusmittarikäyrät), on optimaalisilla tuloksilla taipumus asettua rahoituksen vaihteluvälien ääripäihin siten, että jot-

kut tuotteet viedään maksimitasolleen ja toiset minimitasolleen. Laskevan rajahyödyn tapauksessa paras teho (vaikutus per euroa) saadaan nostamalla tuotteiden rahoitusta tasolta *min* kohti tasoa *nyky*, ja teho tyypillisesti laskee edettäessä kohti tasoa *max*. Näin ollen rajallisen kokonaisbudjetin optimaalinen allokaatio on tyypillisesti sellainen, että mahdollisimman moni tuote kannattaa nostaa minimitasoa korkeammalle eikä mitään tuotetta kannata vielä nostaa maksimitasolleen. Laskevan rajahyödyn oletus poistaa merkittävästi preferenssi riippumattomuusoletuksen aiheuttamia lieveilmiöitä, jotka voisivat ilmetä juuri todellisia preferenssejä huonosti kuvaavina äärimmäisinä "min-max" -ratkaisuin.

4.8 Tuotteiden ja vaikutusten suora suuruusluokkapisteytys

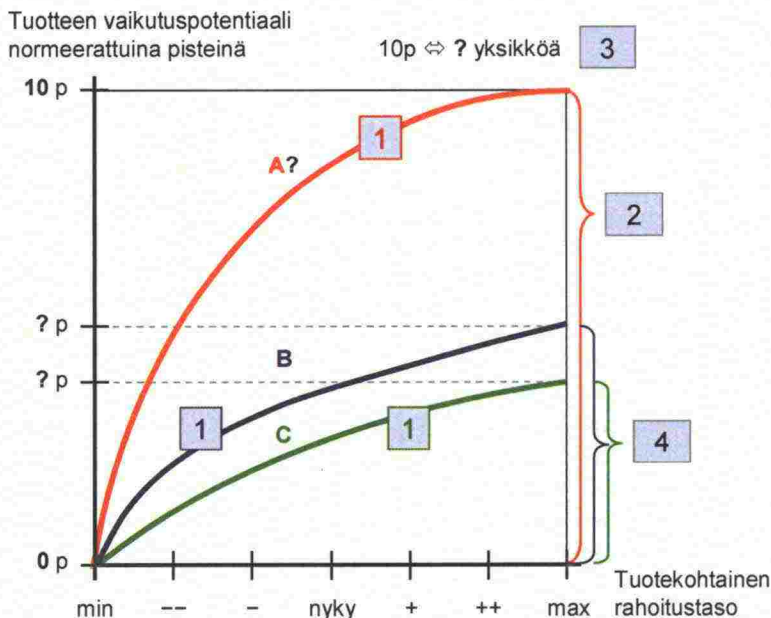
Eräs tämän kehitystyön reunaehdoista on ollut rakentaa malli, jolla saadaan laskettua suuntaa-antavia ja havainnollistavia tuloksia jo nykyisellä tietämyksellä tuotteista ja niiden vaikutuksista. Malliin tarvitaan kaikkien tuotteiden kaikkien rahoitustasovaihtojen pisteet jokaisen vaikutusalueen suhteen. Koska tuotteiden perusteellinen arviointi (kappale 3.5) on erittäin työlästä ja tässä vaiheessa osin mahdotontakin, kehitettiin työssä arviointimenettely tuotteiden vaikutusten suoran pisteytyksen mahdollistamiseksi. Suoraa suuruusluokkapisteytystä voi periaatteessa hyödyntää myös jatkossa jopa arvioinnin ensisijaisena menettelytapana, mutta nimensä mukaisesti se on tarkkuustasoltaan karkeampi kuin perusteellinen fyysisten tilojen ja vaikutusten vaihteellinen arviointi. Suoran arvioinnin läpinäkyvyys ja toistettavuus ovat hieman heikompia, mutta menettelyn ehdottomia etuja ovat sen nopeus ja mahdollisuus arvioida kaikkia tuotteita hyvinkin eritasoiseen tietämykseen ja fakta-aineistoihin perustuen.

Suorassa suuruusluokkapisteytyksessä arvioidaan vaikutusalueittain tuotteiden rahoitus-vaikutus -käyrän muotoa ja vaikutuspotentiaalia suhteessa muihin tuotteisiin. Käyrän muodon arvioinnissa pyritään hahmottelemaan laskevaa rajahyötyä. Vaikutuspotentiaalien suuruusluokan arviointimenettely noudattelee MAVT-sovelluksissa yleisesti käytettyä ja hyväksyttyä SWING-painotustekniikkaa (Von Winterfeldt ja Edwards, 1986). Suoran suuruusluokkapisteytyksen vaiheet kuvataan alla. Vaiheiden numerot kytkeytyvät Kuvaan 16. Menettely suoritetaan yhdelle vaikutusalueelle kerrallaan ja toistetaan kaikille tuotteille.

1. **Arvioidaan vaikutuskäyrän muoto yli rahoitustasovaihtoehtojen.** Käyrän päät on kiinnitetty siten, että *min* \Leftrightarrow 0% ja *max* \Leftrightarrow 100%. Ensimmäisenä arvioidaan tason *nyky* täyttymisaste, esimerkiksi 70%. Muiden tasojen arvot säädetään siten, että laskeva rajahyöty toteutuu kaikilla väleillä. Arvioinnissa voidaan hyödyntää myös oletusmuotoista käyrää, jota poikkeutetaan tarvittaessa joillekin tuotteille.
2. **Arvioidaan millä tuotteella on suurin vaikutuspotentiaali kyseisellä vaikutusalueella.** Tuotteiden rahoituksen vaihteluväli pitää ehdottomasti ottaa huomioon, koska potentiaali kuvaa rahoitustasolta *min* tasolle *max* siirtymisellä saavutettavaa parannusta vaikutusmittarin arvossa. Suurimpaan potentiaaliin liitetään 10 pistettä.
3. **Arvioidaan kuinka monta vaikutusmittarin yksikköä suurin potentiaali on.** Tämä vaihe ei ole aivan välttämätön, mutta se parantaa arvioinnin läpinäkyvyyttä ja perusteltavuutta, ja se saattaa helpottaa

muiden tuotteiden arviointia. Referenssinä voidaan hyödyntää tarkemmista tutkimuksista ja/tai joidenkin tuotteiden perusteellisista arvioinneista saatuja lukuja.

4. **Arvioidaan muiden tuotteiden potentiaalia suhteessa suurimpaan potentiaaliin** (ja toisiinsa). Tuotteiden rahoituksen vaihteluväli pitää ehdottomasti ottaa huomioon arvioinnissa. Arviot annetaan pisteinä: Jos tuote A:n potentiaali on suurin, se saa 10 pistettä. Jos tuotteen B potentiaalin arvioidaan olevan suuruusluokaltaan puolet A:n potentiaalista, silloin B saa 5 pistettä. Jos tuotteen C potentiaali on noin kolmasosa A:sta (ja kaksi kolmasosaa B:stä), niin C saa 3.3 pistettä. Arviointi etenee iteratiivisesti kunnes kaikille tuotteille on saatu asetettua toisiinsa nähden sopusuhtaiset pisteet.



Kuva 16: Suoran suuruusluokkapisteytyksen vaiheet. Laatikoidut numerot 1, 2, 3, 4 viittaavat kuvan yläpuolella listattuihin arviointimenettelyn vaiheisiin.

Suoralla suuruusluokkapisteytyksellä saadaan arvioitua kaikille tuotteille kaikki optimoinnissa tarvittavat parametrit melko pienellä työpanoksella. Mallinusketjussa vaikutusten pisteyttäminen on periaatteessa vain laskentamallin edellyttämä tekninen välivaihe, mutta sitä voidaan siis hyödyntää myös suoraan oikaistuna arviointimenettelynä. Menettelyssä kannattaa hyödyntää saatavissa olevia fakta-aineistoja ja tarkempia tutkimustuloksia vaikka niitä olisikin vain osasta tuotteita. Joidenkin tuotteiden "ankkuroiminen" parantaa arvioiden perusteltavuutta ja mahdollistaa muiden tuotteiden arvioinnin suhteessa ankkurituotteisiin. Arvioinneissa voidaan lähteä liikkeelle ordinaalisista arvioista, joilla hahmotellaan onko tuotteen vaikutuspotentiaali suurempi vai pienempi kuin toisen, ja mikä on tuotteiden potentiaalien suuruusjärjestys. Arviointi tarkentuu kohti kardinaalisia arvioita, jotka ilmaistaan esimerkiksi tarkkuudella yhtä suuri, kaksinkertainen tai kolmasosa. Periaatteessa pisteet voitaisiin antaa myös vaihteluväleinä, mutta sen toteutus vaatii jatkokehitystä (vrt. kappaleen 4.5 loppu).

5 ESIMERKKITULOKSIA

5.1 Tulosten laskenta

Esimerkkien tavoitteena on mallin tulosten ja mahdollisten analyysimuotojen havainnollistaminen. Laskennassa käytetyt pisteet on arvioitu projektiryhmän toimesta suoran suuruusluokkapisteytyksen (kappale 4.8) arviointimenetelmän mukaisesti. Päälystettyjen teiden ja talvihoidon osalta on tehty myös perusteellisemmat arvioinnit (kappale 3.5), joita on hyödynnetty referensseinä muiden tuotteiden suorassa suuruusluokka-arvioinnissa. Pisteytykset on tallennettu kehitystyössä syntyneisiin työaineistoihin. Pisteytykset on tehty varsin nopeasti ja karkeasti, mutta ne vaikuttavat tuottavan oikeansuuntaisia ja havainnollistavia tuloksia.

Tuotteille asetetut rahoituksen vaihteluvälit (kappale 3.3) on jaettu jokseenkin tasavälein rahoitustasovaihtoehtoiksi *min*, *--*, *-*, *nyky*, *+*, *++*, *max*. Tuotekohtaisten vaihtoehtojen kustannukset esitetään Taulukossa 2. Esimerkin myöhemmät tulostaulukot viittaavat tähän taulukkoon siten, että esimerkiksi rivin "talvihoito" sarakkeen "+" solulla viitataan talvihoidon rahoitustasovaihtoehtoon, jossa sen vuotuista rahoitusta nostetaan +6 miljoonalla Eurolla.

Taulukko 2: Tuotteiden rahoitustasovaihdot ja niiden kustannus suhteessa nykyisiin rahoitustasoihin. Taulukon luvut ovat miljoonaa Euroa vuodessa.

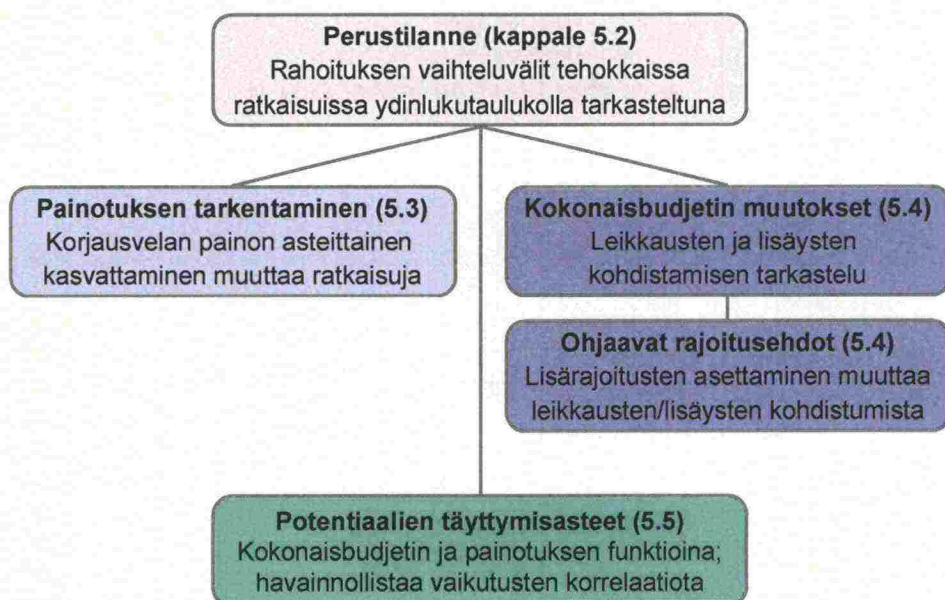
Tuote / rahoitustaso	min	--	-	nyky	+	++	max
Päälystetyt tiet - pää	-34	-22	-11	0	+9	+18	+26
Päälystetyt tiet - muut	-34	-22	-11	0	+9	+18	+26
Sillat	-17	-11	-6	0	+6	+12	+18
Varusteet ja laitteet	-7	-4	-2	0	+4	+8	+13
Liik.ystön parantaminen	-5	-4	-2	0	+5	+10	+15
Soratiet (YP+H)	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15
Talvihoito	-17	-11	-5	0	+6	+12	+18
Kesähoito	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15

Vaikutusalueiden epätäydellisenä painotuksena on perustilanteessa käytetty osittaista tärkeysjärjestystä, jossa liikenneturvallisuus ja korjausvelka ovat kaksi suurimman painon saavaa vaikutusaluetta (näiden keskinäistä järjestystä ei kiinnitetä). Asiakastyytyväisyys saa kolmanneksi suurimman painon, ja aika- ja ajoneuvokustannukset pienimmän painon. Lisäksi kaikille vaikutusalueille on asetettu minimipaino 0.1, eli mitään aluetta ei jätetä täysin huomiotta. Perustilanteeseen ei aseteta erityisiä ohjaavia rajoitusehtoja.

Tehokkaiden allokaatioiden laskennassa on ajettu 1000 simulointikierrosta. Simulointia on testattu myös suuremmilla toistomäärillä, mutta tulokset eivät muutu oleellisesti toistoja lisäämällä. Erilaisia tehokkaita allokaatioita löytyy esimerkeissä painotuksesta ja rajoituksista riippuen noin 20-60 kpl. Arvioinnit ja pisteytykset on kerätty MS Excel -tiedostoihin. Tehokkaiden allokaatioiden laskenta on ohjelmoitu XPress-MP optimointiohjelmistolla, josta tulokset palautetaan MS Exceliin esitettäväksi ja analysoitaviksi. Tehokkaiden allokaatioiden ratkaiseminen yhdelle painoalueelle kestää nykyaikaisella kannettavalla tietokoneella joitain kymmeniä sekunteja. Tässä työssä ei ole panostettu ohjelmiston ja käyttöliittymän kehittämiseen tai laskentarutiinien pitkälle vie-

tyyn automatisointiin, vaan tulosten laskentaan ja esittämiseen liittyy vielä paljon leikkaa-liimaa käsityötä ja ohjelmakoodin muokkaamista.

Tulosten esittelyn hierarkia näkyy Kuvassa 17. Perustilanne viittaa edellä esitettyyn painoalueeseen, josta lasketuilla tehokkailla allokaatioilla esitellään erilaiset analyysimuodot. Painotuksen merkitystä havainnollistavassa tarkastelussa tätä painotusta tarkennetaan asteittain siten, että korjausvelan painokerroin nousee. Esittelyn fokus on tulosten muuttumisessa, eli painotuksen ohjaavan vaikutuksen havainnollistamisessa. Toisena haarana esitellään kokonaisbudjetin muuttamista ja ohjaavien rahoitusehtojen merkitystä. Tässä tarkastelussa painoalue pidetään koko ajan perustilanteen mukaisena. Kolmantena haarana esitellään perustilannetta täydentävänä analyysimuotona käytettävä potentiaalien täyttymisasteiden tarkastelu, jossa havainnollistetaan myös vaikutusalueiden välistä korrelaatiota.



Kuva 17: Esimerkkitulosten esittelyn hierarkia ja viittaukset kappaleiden numeroihin.

Laskennassa voidaan yhdistää kaikkia hierarkiahaaroja samanaikaisesti, eli tarkastella esimerkiksi painotuksen tarkentamisen merkitystä leikkausten ja lisäysten kohdistamiseen tai vertailla potentiaalien täyttymisasteita erilaisilla ohjaavilla rajoitusehdoilla. Esittelyn selkiyttämiseksi ominaisuudet pidetään kuitenkin tässä erillään ja "käytetään" vain yhtä ominaisuutta kerrallaan, jotta juuri sen merkitys tulosten muokkaamisessa saadaan nostettua esiin.

5.2 Ydinlukutaulukot

Laskentatulosten ensisijainen esitys- ja tarkastelumuoto on nk. **ydinlukutaulukko**. Erilaisia tehokkaita allokaatioita syntyy laskennan tuloksena useita kymmeniä, ja ne koostuvat 8 tuotteelle valituista rahoitustasoista. Tämän tehokkaan joukon hahmottaminen ja analysoiminen sellaisenaan on hyvin haasteellista. Robust Portfolio Modeling (RPM) -menetelmässä kehitetty *ydinluku* auttaa tehokkaan joukon sisältämän informaation hyödyntämisessä projektitasolla (tässä viitekehyksessä yksi projekti on yksi tuote-rahoitustasopari, vrt. kappale 4.6).

Projektikohtainen ydinluku ilmaisee kuinka suureen osaan erilaisista tehokkaista allokaatioista kyseinen projekti kuuluu. Ydinprojektit, joiden ydinluku on 1 (tai 100%), kuuluvat kaikkiin erilaisiin tehokkaisiin allokaatioihin. Niiden voidaan tulkita kuuluvan optimaaliseen ratkaisuun kaikilla epätäydellisen painotuksen mukaisilla käyville painokertoimien arvoilla. Ulkoprojektit, joiden ydinluku on 0, eivät kuulu yhteenkään tehokkaaseen allokaatioon eivätkä siten mahdu optimaaliseen allokaatioon millään käyville painoilla. Rajatapaukset, joiden ydinluku on välillä 0.01-0.99 (1-99%), kuuluvat osaan tehokkaista allokaatioista. Nämä projektit ovat herkkiä painotuksen tarkentamiselle, joka pienentäisi tehokkaiden allokaatioiden joukkoa kohti yksikäsitteistä optimiratkaisua. Tarkoilla painokertoimilla saadaan tulokseksi vain yksi (tehokas) allokaatio, johon kuuluvien projektien ydinluku on 1, ja kaikkien muiden projektien ydinluku on 0. Ydinlukua on hyödynnetty muun muassa Tiehallinnon siltojen korjausohjelmointia tukevan menetelmän tuloksissa sekä kansainvälisesti monissa muissakin sovelluksissa.

Tehokkaiden allokaatioiden ydinlukujen tarkasteluun kehitetty ydinlukutaulukko esitetään Kuvassa 18.

B: 0, painotus: {turva,velka}>{asty}>{a-kust}, minipaino: 0.10 }-A C 51

	min	--	-	nyky	+	++	max
Päällystetyt tiet - pää					83 %		
Päällystetyt tiet - muut					69 %		
Sillat			37 %				
Varusteet ja laitteet				70 %			
Liik. ystön parantaminen							24 %
Soratiet (YP+H)		74 %					
Talvihoito						57 %	
Kesähoito	88 %						

Muutos M€/v (%)	
10.6	14 %
4.2	6 %
-8.1	-17 %
1.3	7 %
4.4	89 %
-8.7	-19 %
10.8	12 %
-14.4	-24 %

Kuva 18: Ydinlukutaulukon lukuohjeet. Kirjainten A ja C-F selitykset ovat kuvan alla.

Ydinlukutaulukossa pyritään kuvaamaan keskeisin informaatio tehokkaiden allokaatioiden joukosta tuotekohtaisesti. Ydinlukutaulukon osia ovat:

- Laskentaparametrit.** Tehokkaiden allokaatioiden laskennassa käytetyt parametrit. Parametri "B:" viittaa kokonaisbudjetin muutokseen. Painotus kirjataan vaikutusalueiden tärkeysjärjestyksen ilmaisevana koodina ja kunkin alueen minimipainona.
- Erilaisten tehokkaiden allokaatioiden lukumäärä.**
- Tuotteen rahoitustason (projektin) ydinluku väliltä 0-100%.** Vain tuotteen suurin ydinluku näytetään numerona, vaikka jokaisessa solussa onkin ydinluku. Tuotteen (rivin) suurimman ydinluvun saaneen projektin (solun) tausta on tummennettu. Tuotteelle on valittuna tämä rahoitustaso suurimmassa osassa tehokkaista allokaatioista.
- Tuotteen rahoituksen tehokas vaihteluväli.** Solut, joiden ydinluku on vähintään 5% esitetään vaalean harmaalla taustalla. Harmaan palkin leveys kuvaa epätäydellisen painotuksen puitteissa mahdollista rahoituksen vaihteluväliä, eli mitkä rahoitustasovaihtoehdot kuuluvat vähintään 5%:iin erilaisista tehokkaista allokaatioista. Jokaisen rivin ydinlukujen summa on aina 100%. Palkin leveys on kytköksissä suurimpaan ydinlukuun (kohta C) siten, että mitä leveämpi tuotteen palkki on, sitä pienempi on tuotteen suurin yksittäinen ydinluku.
- Rahoitusmuutoksen ydinlukuilla kerrottu (painotettu) keskiarvo.** Tuotteen kuhunkin rahoitustasoon liittyvä kustannus (Taulukko 2) on

kerrottu sitä vastaavalla ydinluvulla, ja nämä tulot on laskettu yhteen. Näin saadaan eräällä tavalla kuvattua koko tehokkaiden allokaatioiden joukko yhdeksi tuotekohtaiseksi luvuksi, joka edustaa tuotteen rahoitustason keskimääräistä muutosta nykytasoon verrattuna erilaisissa tehokkaissa allokaatioissa. Oikeanpuoleisessa sarakkeessa esitetään kuinka monta prosenttia tämä keskimääräinen muutossumma on tuotteen nykyisestä absoluuttisesta rahoitustasosta (kapale 3.3, Kuva 5). Ydinluvuilla kerrotulla keskiarvomutoksella ei ole varsinaisesti teoreettista perustaa, vaan se on kehitetty esitystavaksi tähän sovellukseen. Todennäköisyyslaskentaan peilattuna luku edustaisi muutoksen odotusarvoa.

Perustilanteen tulos (Kuva 18) ehdottaa, että päällystettyjen pääteiden sekä talvihoidon rahoitusta tulisi nostaa. Myös muiden päällystettyjen teiden sekä liikenneympäristön parantamisen rahoituksessa on nostopaineita. Siltojen, sorateiden ja kesähoidon rahoituksesta olisi tarpeen tinkiä edellä mainittujen nostojen rahoittamiseksi.

Monilla tuotteilla rahoituksen vaihteluväli on varsin leveä. Tämä viestii siitä, että asetettu epätäydellinen painotus, joka on vasta osittainen tärkeysjärjestys, ei ole vielä kovin rajaava. Etenkin korjausvelan painokertoimella on suuri vaikutus optimaalisiin allokaatioihin. Korjausvelan painon nostaminen ohjaa lisää rahoitusta silloille, sorateille ja alemman verkon päällystetyille teille, ja vähentää sitä muun muassa talvihoidolta ja liikenneympäristön parantamiselta. Harmaista palkeista nähdään, että ainoastaan sorateiden ja kesähoidon rahoitusta tulisi "varmasti" laskea, eli ne eivät yllä missään tehokkaassa allokaatiossa edes nykytasolleen. Liikenneympäristön parantamisen palkki on kaikkein levin, eli se on kaikkein herkin painotuksen vaihteluille. Tämä on luonnollista, koska kyseisen tuotteen vaikutukset keskittyvät liikenneturvallisuuden parantamiseen, ja sen rahoitusasema onkin vahvasti riippuvainen juuri turvallisuuden saamasta painosta. Asetetussa painoalueessa turvallisuus ja korjausvelka voivat molemmat olla joko tärkein tai toiseksi tärkein vaikutusalue, ja tällä valinnalla on suuri merkitys lähes kaikkien tuotteiden rahoitusasemaan toisiinsa nähden.

Malliin sisältyvistä epävarmuuksista johtuen tuloksissa kannattaa keskittyä tarkkuustasomielessä kahteen seikkaan: (1) sijoittuuko tuotteen palkki ja suurin ydinluku nykytasoon nähden plus- vai miinuspuolelle, ja (2) kuinka leveä tuotteen palkki on. Ensimmäinen kohta viestii muutoksen suunnasta, ja yhdessä ydinluvulla kerrotun keskiarvon kanssa myös muutoksen suuruusluokasta. Jälkimmäinen kohta viestii muutoksen herkkyydestä tarkkojen painojen valinnalle asetetun painoalueen puitteissa.

5.3 Vaikutusten painotuksen merkitys

Vaikutusten painotuksen ohjausvaikutusta havainnollistetaan sarjalla ydinlukupalkkoja. Korjausvelan poistamisen painokerroin kasvaa taulukko taulukolta. Tämän seurauksena paljon korjausvelkaa sisältävien (eli paljon velan poistamispotentiaalia tarjoavien) tuotteiden rahoitustaso nousee, ja pääosin muihin vaikutusalueisiin vaikuttavien tuotteiden rahoitustaso laskee. Painoalueista kannattaa huomioida, että vasta viimeisessä optimoidaan pelkän korjausvelan suhteen, muissa muillakin vaikutusalueilla on kertoimenaan vähintään 0.1 minimipaino.

Tarkoilla painoilla saadaan tulokseksi vain yksi tehokas allokaatio. Tällöin jokaisen tuotteen rahoitustasoista yksi saa ydinluvun 100%. Korkeintaan yhden tuotteen optimaalinen rahoitustaso voi osua kuitenkin kiinteiden tasovaihtoehtojen väliin, jolloin yksikäsitteisen ratkaisun mukainen 100% on taulukoissa jakautuneena kahden vierekkäisen tasovaihtoehdon kesken.

Taulukko 3: Ydinlukutaulukko perustilanteessa. Korjausvelka ja turvallisuus ovat kaksi tärkeintä vaikutusalueita, niiden järjestystä ei ole kiinnitetty.

B: 0, painotus: {turva,velka}>{asty}>{a-kust}, minimipaino: 0.10								51
	min	--	-	nyky	+	++	max	
Päällystetyt tiet - pää					83 %			Muutos M€/v (%)
Päällystetyt tiet - muut					69 %			10.6 14 %
Sillat			37 %					4.2 6 %
Varusteet ja laitteet				70 %				-8.1 -17 %
Liik.ystön parantaminen							24 %	1.3 7 %
Soratiet (YP+H)		74 %						4.4 89 %
Talvihoito						57 %		-8.7 -19 %
Kesähoito	88 %							10.8 12 %
								-14.4 -24 %

Taulukko 4: Painotusta on tarkennettu siten, että korjausvelka on tärkein vaikutusalue ja turvallisuus on toiseksi tärkein.

B: 0, painotus: {velka}>{turva}>{asty}>{a-kust}, minimipaino: 0.10								24
	min	--	-	nyky	+	++	max	
Päällystetyt tiet - pää					73 %			Muutos M€/v (%)
Päällystetyt tiet - muut					100 %			11.4 15 %
Sillat			64 %					9.0 12 %
Varusteet ja laitteet				100 %				-3.5 -7 %
Liik.ystön parantaminen		42 %						0.0 0 %
Soratiet (YP+H)		50 %	50 %					-2.3 -46 %
Talvihoito					44 %	43 %		-7.5 -17 %
Kesähoito	100 %							7.8 9 %
								-15.0 -25 %

Taulukko 5: Painotus tarkennettu edellisen painoalueen kulmapisteeseen, jossa korjausvelan paino on seitsenkertainen muihin vaikutusalueisiin verrattuna.

B: 0, painotus: {velka}, muilla minimipaino: 0.10								1
	min	--	-	nyky	+	++	max	
Päällystetyt tiet - pää					89 %			Muutos M€/v (%)
Päällystetyt tiet - muut					100 %			10.0 14 %
Sillat					100 %			9.0 12 %
Varusteet ja laitteet				100 %				6.0 13 %
Liik.ystön parantaminen	100 %							0.0 0 %
Soratiet (YP+H)			100 %					-5.0 -100 %
Talvihoito				100 %				-5.0 -11 %
Kesähoito	100 %							0.0 0 %
								-15.0 -25 %

Taulukko 6: Painotus tarkennettu pelkkään korjausvelkaan. Muilla on ainoastaan tekninen minimipaino 0.01, jolla ratkaistaan mahdolliset tasatilanteet.

B: 0, painotus: {velka}, muilla minimipaino: 0.01								1
	min	--	-	nyky	+	++	max	
Päällystetyt tiet - pää						100 %		Muutos M€/v (%)
Päällystetyt tiet - muut					100 %			18.0 24 %
Sillat					100 %			9.0 12 %
Varusteet ja laitteet					100 %			6.0 13 %
Liik.ystön parantaminen	100 %							4.0 24 %
Soratiet (YP+H)				100 %				-5.0 -100 %
Talvihoito	100 %							0.0 0 %
Kesähoito	100 %							-17.0 -18 %
								-15.0 -25 %

Tuloksista (Taulukko 3 – Taulukko 6) nähdään, että korjausvelan painon kasvattaminen nostaa ylläpitotuotteiden rahoitusta ja vastaavasti pudottaa hoidon ja liikenneympäristön parantamisen rahoitusta. Esimerkiksi siltojen ja

sorateiden rahoitus on nykytasoaan alempana tasapuolisempaa painotusta kuvaavassa perustilanteessa (Taulukko 3). Liikenneympäristön parantaminen on useimmissa tehokkaissa allokaatioissa tasolla "max", mutta vaihteluväli on hyvin leveä ja suurinkin ydinluku on varsin pieni.

Kun painoaluetta tarkennetaan hieman selvemmin korjausvelan painokertoimen ympärille (Taulukko 4), ei siltoja viedä enää missään allokaatioissa tasoille "min" tai "--", ja soratiet ovat yhtä monessa allokaatioissa tasolla "-" kuin "--". Vaikka molempien tuotteiden suhteellinen rahoitusasema on parantunut, on niiden ydinlukuilla kerrottu muutoksen keskiarvo edelleen negatiivinen. Koska painoalueen tarkentaminen jättää turvallisuuteen voimakkaimmin keskittyvät painovektorit käyvän alueen ulkopuolelle, putoaa liikenneympäristön parantamisen rahoitus dramaattisesti.

Kun painovektori keskitetään korjausvelkaan ja muille jätetään vain minimipaino 0.1 (Taulukko 5), jatkavat tuotteiden harmaat palkit siirtymistä ja kaventumista jo edellisten taulukoiden välillä havaittuihin suuntiin. Päälystettyjen pääteiden rahoitus on varsin robusti, eli sen tilanne ei juurikaan muutu painoalueen muuttuessa. Tämä viestii siitä, että pääteiden päälysteillä on suuri vaikutuspotentiaali kaikkien vaikutusalueiden suhteen. Myöskään talvihoidon rahoitus ei vielä putoa nykytasoa alemmas, vaikka sillä ei olekaan potentiaalia korjausvelan vähentämiseen. Talvihoidolla on kuitenkin niin voimakas vaikutus muilla vaikutusalueilla, että vielä niiden minimipainokin riittää pitämään talvihoidon rahoituksen nykyisellä tasolla.

Kun kokonaisrahoitus allokoidaan käytännössä pelkästään korjausvelan perusteella (Taulukko 6), putoavat kaikki hoidot ja investoinnit minimitasolleen ja niistä vapautuva rahoitus siirretään ylläpitotuotteille. Rahoituksen laskeva rajahyöty pitää huolen siitä, että ylläpitotuotteiden rahoitusta kannattaa lisätä tasaisesti eikä viedä mitään tuotetta maksimitasolleen. Vasta korjausvelan maksimaalinen painottaminen tuo sorateiden rahoituksen nykytasolleen, kaikilla muilla painotuksilla sillä on laskupaineita. Kaikissa tuloksissa (Taulukko 3 – Taulukko 6) on huomioitava, että ydinlukuilla kerrottujen keskimäärien muutosten summa on nolla (oikeanpuoleiset taulukot), eli näissä tarkasteleissa on kyse nollasummapielstä.

Tulokset havainnollistavat miten vaikutusalueiden painotusta voidaan käyttää **tuotteiden rahoituksen ohjausmekanismina**. Painokertoimia ei tarvitse antaa tarkkoina lukuina, vaan esimerkiksi asteittain tarkentuvana epätäydellisenä informaationa. Suurin osa tuloksista tehdyistä havainnoista on "itses-tään selviä", mutta niiden esiintuominen systemaattisen arvioinnin ja analyyt-tisen mallin kautta voi tuoda lisäarvoa päätösten perusteluun ja yleisen tun-tuman vahvistamiseen. Lisäksi tuloksista voidaan saada uusia näkökulmia ratkaisuvaihtoehtoista ja niiden seurauksista, ja mahdollisesti havaita uusia ratkaisumahdollisuuksien aiemmin tunnettujen perinteisten tapojen rinnalle.

5.4 Kokonaisbudjetin muutokset ja ohjaavat rajoitusehdot

Kokonaisbudjetin muutosten ja ohjaavien rajoitusehtojen esittelytarkasteluis-sa palataan perustilanteen mukaiseen painoalueeseen. Alue pidetään sa-mana kaikissa tarkastelutapauksissa, eli painotuksen muutokset eivät nyt ohjaa tulosten muuttumista. Esittelyn rakenne on samanlainen kuin edellä: ensin näytetään tulostaulukot, joita kommentoidaan tekstissä niiden jälkeen.

Taulukko 7: Ydinlukutaulukko perustilanteessa, jossa kokonaisbudjetti on jaettavana +20 M€/v nykytasoa enemmän. Ei ohjaavia rajoitusehtoja.

B: +20, painotus: {turva,velka}>{asty}>{a-kust}, minipaino: 0.10							50
	min	--	-	nyky	+	++	max
Päällystetyt tiet - pää					34 %	66 %	
Päällystetyt tiet - muut					98 %		
Sillat		30 %					
Varusteet ja laitteet					84 %		
Liik.ystön parantaminen							36 %
Soratiet (YP+H)		35 %	60 %				
Talvihoito						71 %	
Kesähoito	81 %						

Muutos M€/v (%)	
15.0	20 %
8.9	12 %
-6.4	-14 %
3.5	21 %
7.6	151 %
-6.5	-15 %
12.0	13 %
-14.0	-23 %

Taulukko 8: Kokonaisbudjetti ja painotus kuten yllä, mutta lisätty ohjaava rajoitusehto ettei minkään tuotteen rahoitustaso saa tippua nykyisestä.

B: +20, painotus: {turva,velka}>{asty}>{a-kust}, minipaino: 0.10							9
	min	--	-	nyky	+	++	max
Päällystetyt tiet - pää					67 %		
Päällystetyt tiet - muut				61 %	40 %		
Sillat				96 %			
Varusteet ja laitteet				100 %			
Liik.ystön parantaminen				67 %			
Soratiet (YP+H)				100 %			
Talvihoito						50 %	
Kesähoito				100 %			

Muutos M€/v (%)	
6.5	9 %
3.6	5 %
0.2	0 %
0.0	0 %
2.6	51 %
0.0	0 %
7.2	8 %
0.0	0 %

Taulukko 9: Kokonaisbudjetin lisäys +100 M€/v ja ohjaava rajoitusehto ettei minkään tuotteen rahoitustaso saa tippua nykyisestä.

B: +100, painotus: {turva,velka}>{asty}>{a-kust}, minipaino: 0.10							24
	min	--	-	nyky	+	++	max
Päällystetyt tiet - pää							95 %
Päällystetyt tiet - muut						77 %	
Sillat						67 %	
Varusteet ja laitteet							99 %
Liik.ystön parantaminen							48 %
Soratiet (YP+H)					67 %		
Talvihoito						54 %	46 %
Kesähoito				96 %			

Muutos M€/v (%)	
25.6	35 %
19.8	27 %
9.8	21 %
13.0	76 %
10.2	204 %
6.6	15 %
14.7	16 %
0.2	0 %

Taulukko 10: Kokonaisbudjetin leikkaus -50 M€/v ja ohjaava rajoitusehto ettei minkään tuotteen rahoitustaso saa nousta nykyisestä.

B: -50, painotus: {turva,velka}>{asty}>{a-kust}, minipaino: 0.10							16
	min	--	-	nyky	+	++	max
Päällystetyt tiet - pää				100 %			
Päällystetyt tiet - muut			83 %				
Sillat		45 %	33 %				
Varusteet ja laitteet				100 %			
Liik.ystön parantaminen				34 %			
Soratiet (YP+H)		90 %					
Talvihoito				100 %			
Kesähoito	96 %						

Muutos M€/v (%)	
0.0	0 %
-12.5	-17 %
-10.1	-21 %
0.0	0 %
-2.1	-43 %
-10.5	-23 %
0.0	0 %
-14.8	-25 %

Tuloksista (Taulukko 7 – Taulukko 10) nähdään miten kokonaisbudjetin muutos allokoituu tuotteille. Taulukoiden 7 ja 8 välinen ero havainnollistaa ohjaavien rajoitusehtojen vaikutusta. Ydinluvuilla kerrottujen keskimääräisten muutosten summa (oikeanpuoleiset taulukot) on kokonaisbudjetin muutoksen suuruinen. Näissä tarkasteluissa ei siten ole kyse nollasummapelistä, vaan jaettavana nollaa suurempi tai pienempi summa.

Ensimmäistä tilannetta (Taulukko 7) tulee verrata nollasummaiseen perustilanteeseen (Taulukko 3). Kaikkien tuotteiden osalta rahoituksen vaihteluväli on kaventunut siten, että harmaa palkki on lyhentynyt taulukon miinuspuolelta. Monilla tuotteilla myös suurin ydinluku on siirtynyt oikealle tai aiempi luku on kasvanut. Silloilla suurin ydinluku on siirtynyt yhtä tasoa alemmas, mutta jakauma on silti muuttunut siten, että siltojenkin keskimääräinen rahoitusmuutos on noussut verrattuna perustilanteeseen. Jokainen tuote on saanut osan +20 M€/v lisäbudjetista, sillä kaikkien tuotteiden keskimääräinen muutos on korkeampi Taulukossa 7 kuin Taulukossa 3, vaikka muutos onkin edelleen monen tuotteen osalta negatiivinen nykyrahoitukseen verrattuna.

Lisäbudjetin kohdistaminen tulee selkeämmin esiin, kun malliin lisätään ohjaava rajoitusehto, joka vaatii ettei minkään tuotteen rahoitustaso saa tippua nykyisestä (Taulukko 8). Tällöin minkään tuotteiden rahoitustason nostamiseksi ei voida hakea "vipua" tiputtamalla toisia tuotteita, vaan kaikki nostot on tehtävä jaossa olevasta +20 M€/v lisäbudjetista. Tehokkaasti allokoituna lisäbudjetti kannattaa kohdistaa päälystetyille pääteille ja talvihoitoon. Lopuosa kannattaa kohdistaa muihin päälystettyihin teihin tai liikenneympäristön parantamiseen riippuen siitä päätetäänkö lopulta painottaa voimakkaammin liikenneturvallisuuden parantamista vai korjausvelan vähentämistä.

Jos lisäbudjetti on +100 M€/v, saadaan lähes kaikki tuotteet nostettua lähelle maksimirahoitustasojaan (Taulukko 9). Koska +100 M€/v on kuitenkin vasta 68% kaikkien tuotteiden maksimitasojen summasta, täytyy tässä runsauden jakamisessakin tehdä priorisointivalintoja. Kesähoidon rahoitusta ei kannata nostaa juuri nykyistä tasoaan korkeammalle, ja liikenneympäristön parantaminen kamppailee edelleen rahoituksesta vähäliikenteisen verkon ylläpidon tuotteiden kanssa.

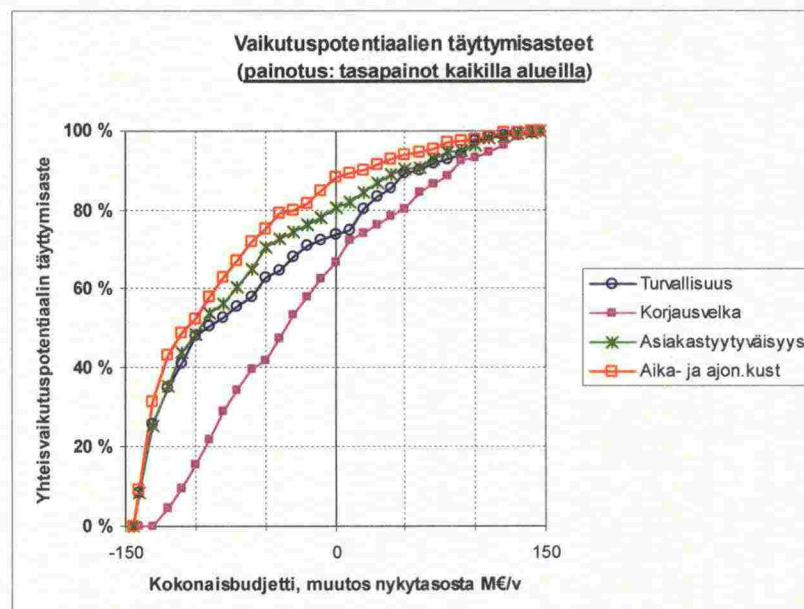
Lisäbudjettien allokaatioon vaikuttaa eniten tuotteiden parannuspotentiaali. Leikkausten allokoinnissa on puolestaan ratkaisevaa, minkä tuotteiden osalta vaikutukset romahtavat voimakkaimmin rahoituksen laskiessa ja mistä tuotteista on pakon edessä varaa tinkiä. Taulukossa 10 esitetään ydinlukutulokset -50 M€/v kokonaisbudjetin leikkausten kohdistamisesta, kun laskennassa on huomioitu ohjaava rajoitusehto ettei minkään tuotteen rajoitus saa nousta. Päälystettyjen pääteiden, varusteiden ja laitteiden sekä talvihoidon rahoituksesta ei tingitä yhdessäkään tehokkaassa allokaatiossa. Muilta tuotteilta "kolehtia" kerätään varsin tasaisesti. Leikkausten kohdistumisen keskeiset tulokset näyttävät olevan varsin yhdenmukaisia niin lisäysten kohdistamisen kuin rajoittamattoman nollasumma-allokaationkin tulosten kanssa.

Kokonaisbudjetin muutosten kohdistamistuloksista voidaan ottaa suuntaviivoja ja lisäperusteluita esimerkiksi leikkaustarpeiden allokointiin. Ohjaavilla rajoitusehdoilla voidaan heijastella todellisessa valintatilanteessa vallitsevia reunaehtoja. Rajoitusehtojen asettamisessa on huomioitava, että ne "ohittavat" mallin kaikki muut ohjauskomennot, esimerkiksi vaikutusten painotuksen muutokset. Laskennan tuloksia tuleekin tulkita huolellisesti, jotta rajoitusehtojen ja muiden ohjausparametrien merkitys saadaan eriteltyä läpinäkyvästi. Osa leikkausten ja lisäysten kohdistamistuloksista voi olla hankintateknisistä tai muista syistä mahdotonta toteuttaa ainakaan lyhyellä aikavälillä. Jos tällaiset tulokset kuitenkin todetaan keskusteluissa relevanteiksi uusiksi vaihtoehdoiksi, ne voivat sysätä liikkeelle esimerkiksi pidemmällä aikavälillä toteutettavia palvelutasovaatimusten tai toimintalinjojen tarkistuksia.

5.5 Vaikutuspotentiaalien täyttymisasteet

Laskentatulosten toiseksi keskeiseksi esitysmuodoksi on kehitetty vaikutusalueiden **potentiaalien täyttymisastekuvaajat**. Näiden kuvaajien tarkastelussa ei varsinaisesti keskitytä tuotteisiin, vaan eri vaikutusalueiden potentiaalien täyttymiseen kokonaisrahoituksen kasvaessa minimitasolta maksimitasolle. Vaikutusalueiden painokertoimilla on suuri merkitys potentiaalien täyttymisasteiden käyttäytymiseen. Koska painokertoimet ohjaavat sitä, mille tuotteille kukin kokonaisrahoitustaso allokoidaan, ne ohjaavat myös yhteispotentiaalien täyttymisasteita. Täyttymisasteiden kuvaajista havaitaan myös viitteitä vaikutusalueiden välisestä korrelaatiosta: tietyn vaikutusalueen voimakas painottaminen saattaa "vetää mukanaan" myös muita vaikutusalueita, koska voimakkaimmin painotettavan vaikutuksen perusteella rahoitettavat tuotteet saavat samalla aikaan myönteisiä vaikutuksia myös muilla aloilla.

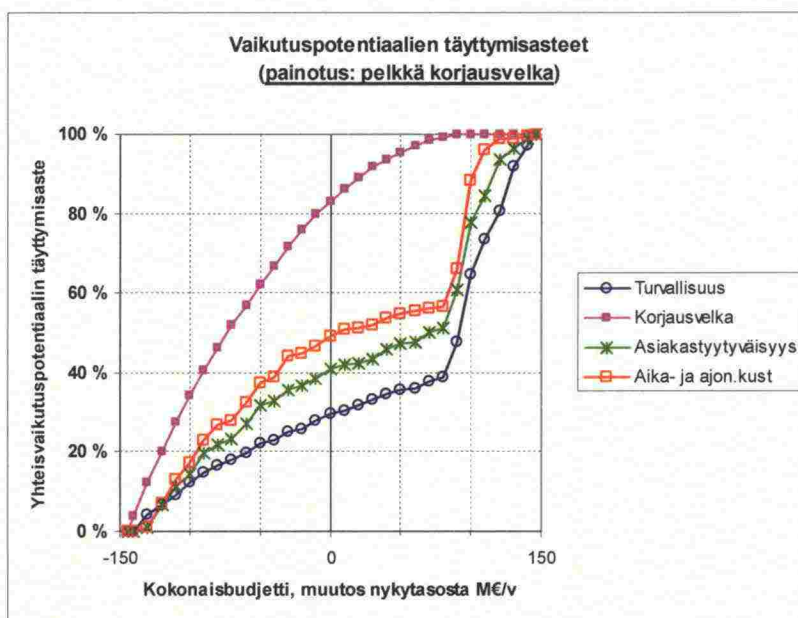
Potentiaalien täyttymisasteet pitää laskea kiinteillä painokertoimilla, jotta täyttymisasteet saadaan esitettyä siisteinä käyrinä. Jokaisella kokonaisbudjetin arvolla (-144, -143,..., +145, +146) lasketaan asetettua painovektoria käyttäen yksi optimiallokaatio edellä esitetyn mukaisesti. Allokaatiosta luetaan jokaisen vaikutusalueen yhteispotentiaalin täyttymisaste (kappale 4.3), ja piirretään nämä pisteet askeleittain rakentuvien täyttymisastekuvaajien jatkoksi. Määritelmänsä mukaisesti yhteispotentiaalin täyttymisaste on jokaisen vaikutusalueen osalta välillä 0-100% siten, että minimirahoitustasolla aste on 0% ja maksimirahoitustasolla se on 100%. Käyrän muoto näiden ääripäiden välillä kuvaa sitä, miten "nopeasti" kunkin alueen potentiaalia täytetään kokonaisrahoituksen lisääntyessä minimitasolta ylöspäin. Jokaiseen kokonaisbudjetin arvoon liittyy yksi optimaalinen allokatio tuotteiden välillä. Täyttymisastekuvaajassa ei esitetä tätä allokaatiota, vaan sen yhteisvaikutukset eri alueiden potentiaalien täyttymisasteilla mitattuna.



Kuva 19: Vaikutuspotentiaalien täyttymisasteet, kun kaikilla vaikutusalueilla on laskennassa yhtä suuri painokerroin.

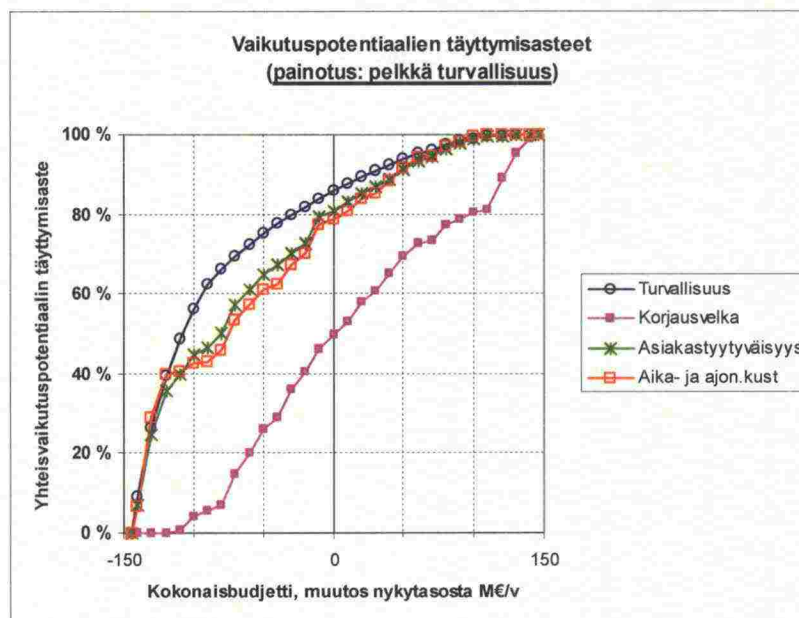
Täyttymisastekuvaajan (Kuva 19) otsikkorivillä esitetään laskennassa käytetty painotus. Vaaka-akselilla kasvaa kokonaisbudjetti ja pystyakselilla täyttymisaste. Esimerkiksi tasapainoilla lasketussa optimaalisessa allokatiossa, jossa kokonaisbudjetti on nykyisten rahoitustasojen mukainen (eli muutos on 0), liikenneturvallisuuden parantamisen potentiaalin täyttymisaste noin 74%, korjausvelan vähentämisen noin 67%, asiakastytyväisyyden parantamisen noin 81% ja aika- ja ajoneuvokustannusten vähentämisen noin 88%. Tässä allokatiossa etenkin aika- ja ajoneuvokustannusten vähentämisen potentiaali on jo hyödynnetty lähes kokonaan, kun taas korjausvelan vähentämisen potentiaalista on hyödyntämättä vielä kolmasosa.

Vaikutusalueiden painotus vaikuttaa tuotteiden väliseen allokatioon ja siten myös vaikutusalueiden yhteispotentiaalien täyttymisasteisiin. Jos allokation laskennassa painotetaan pelkkää korjausvelan vähentämistä (Kuva 20), pystytään sen potentiaalista saavuttamaan nykyisellä kokonaisbudjetilla jopa 83%. Tämä edellyttää tuotteiden välisen allokation muuttamista rajusti nykyisestä, eli voimakasta panostusta myös alemman verkon ylläpitoon hoitotuotteiden ja investointien kustannuksella. Täyttymisastekuvaajasta nähdään, että tällaisella valinnalla olisi varsin dramaattiset seuraukset muiden vaikutusalueiden osalta. Jos painotetaan pelkkää korjausvelkaa, kannattaa paljon velkapotentiaalia sisältävien tuotteiden rahoitus nostaa ensin maksimitasolleen ja vasta sen jälkeen panostaa muihin vaikutusalueisiin kontribuiviin tuotteisiin, jos kokonaisrahoitusta on vielä jäljellä. Kuvaajassa (Kuva 20) ilmiö näkyy siten, että muiden alueiden käyrät lähtevät jyrkkään nousuun vasta kokonaisrahoituksen kasvaessa yli 80 M€/v, jolloin korjausvelan vähentämisen potentiaali on jo saatu nostettua jokseenkin 100%:iin. Muut alueet täyttyvät hitaasti jo aiemminkin, koska korjausvelkaa sisältävillä tuotteilla on (osin vähäisiä) vaikutuksia myös muihin vaikutusalueisiin. Yksittäiseen tuotteen rahoitustason nostaminen täyttää samanaikaisesti usean vaikutusalueen potentiaalia, joten yhteen alueeseen painottuminen ei välttämättä tarkoita, että muut alueet jäävät täysin nollille.

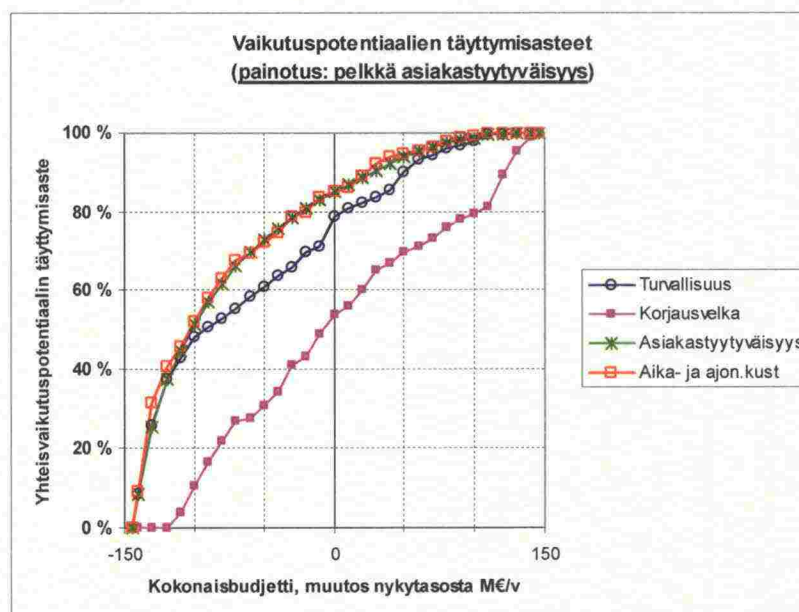


Kuva 20: Vaikutuspotentiaalien täyttymisasteet, kun laskennassa on painotettu pelkkää korjausvelan vähentämistä.

Vaikutusalueiden välinen korrelaatio ilmenee selkeimmin liikenneturvallisuuden, asiakastytyvyyden ja aika- ja ajoneuvokustannusten välillä (Kuva 21 ja Kuva 22). Samat vilkkaasti liikennöidyn verkon tuotteet kontribuoivat voimakkaasti näihin kaikkiin alueisiin, joten niiden käyrät kulkevat jokseenkin "käsi kädessä". Korjausvelka käyttäytyy tähän kolmikkoon nähden vastakkaisesti (vrt. Kuva 20).



Kuva 21: Vaikutuspotentiaalien täyttymisasteet, kun laskennassa on painotettu pelkkää liikenneturvallisuuden parantamista.



Kuva 22: Vaikutuspotentiaalien täyttymisasteet, kun laskennassa on painotettu pelkkää asiakastytyvyyden parantamista.

Tarkastelussa kärjistyy Tiehallinnon ja laajemmin Väyläviraston kohtaama keskeinen vastakkainasettelu (trade-off) omaisuuden isännöintitehtävän ja päivittäisen liikkumisen palvelutason turvaamistehtävän välillä. Molemmat on määritetty viranomaisen tehtäviksi, mutta niukan rahoituksen vallitessa näidenkin välillä joudutaan tekemään valintoja ja hienosäätöä. Lähes kaikki tämänkin raportin esimerkkituloksissa esitetyt epätäydellisen painotuksen indikoimat vaihteluvälit ja valintatilanteet kiteytyvät siihen, että painottuvatko preferenssit lopulta korjausvelan vai turvallisuuden (ja samalla osin asiakastytyvyyden ja liikkumisen kustannusten) suuntaan. Päälystettyjen pääteiden ylläpito palvelee voimakkaasti kaikkia vaikutusalueita, mutta oikeastaan kaikki muut tuotteet sijoittuvat keskeisimmän trade-offin suhteen jommalle kummalle puolelle.

Isännöinnin ja palvelun välinen ”kilpailu”, joka ilmentyy muun muassa ylemmän ja alemman tieverkon tai siltojen ylläpidon ja talvihoidon tason välisenä vastakkainasetteluna, ei ole mikään uusi havainto. Tuoreempaa näkökulmaa sen sijaan edustaa vaikutuspotentiaalien täyttymisastekuvaajista havaittava ilmiö, että esimerkiksi asiakastytyvyydestä tulee huolehdittua varsin hyvin myös turvallisuuteen panostamalla. Toisaalta pelkän asiakastytyvyyden painottaminen vetää mukanaan aika- ja ajoneuvokustannuksista ja valtaosin myös liikenneturvallisuudesta huolehtimisen. Näiden kolmen vaikutusalueen potentiaali on suurimmaksi osaksi vilkkaasti liikennöidyllä verkolla, kun taas korjausvelka on sitoutuneena paljolti alempaan verkkoon. Tässäkin mielessä keskeinen kysymys on isännöinnin ja palvelun välinen arvoasetelma, ja siihen kiinteästi liittyvä kysymys liikennemäärän roolista rahoituksen jaon perusteena. Palvelutason osa-alueiden välisen painotuksen merkitys tulosten muokkaajana on paljon pienempi, ja siinä mielessä esimerkiksi asiakastytyvyyden erityinen korostaminen ja sen irrottaminen muista sen kanssa korreloituneista vaikutusalueista vaikuttaa osin irrelevantilta.

On toki huomioitava, että korjausvelalla, jonka aiheuttaa omaisuuden huono kunto, on yhteys myös liikenneturvallisuuteen, asiakastytyvyyteen ja liikkumisen kustannuksiin. Suurten linjojen ja tuotteiden välisen rahanjaon näkökulmasta vastakkainasettelu on kuitenkin ilmeinen ja strategisten valintojen kannalta varsin ratkaisevassa roolissa. Tässä työssä rakennettu malli tarjoaa analyyttisen kehikon tämän vastakkainasettelun havainnollistamiseksi sekä erilaisten laskennallisesti tehokkaiden ratkaisuvaihtoehtojen ja niiden seurausten tarkastelemiseksi. Tulokset eivät pyri antamaan ”oikeita” numeerisia vastauksia, vaan ne pyrkivät tukemaan kokonaisuuden hallintaa ja innovatiivista keskustelua. Näistä mahdollisesti identifioitujen muutostarpeiden toteutus on riippuvainen kuhunkin tilanteeseen liittyvistä aikajänteistä, poliittisista paineista, mahdollisista muutosvälineistä ja muista reunaehdoista.

6 YHTEENVETO JA SUOSITUKSET

6.1 Mallikokonaisuuden arviointi

Tässä työssä on kehitetty arviointi- ja laskentamalli, jolla tuetaan perustienpidon tuotteiden välisen rahanjaon tarkastelua rahoitustasomuutosten aiheuttamien vaikutusten kautta. Tuotteiden rahoitustasovaihtoehtojen vaikutukset arvioidaan monen vaikutusalueen suhteen, ja optimaalisten allokaatioiden laskenta perustuu eri vaikutusalueiden pisteiden painotettuun summaan.

Päätösanalyysin periaatteiden mukaisesti tavoitteena ei ole antaa yhtä oikeaa vastausta, vaan tukea paremman käsityksen muodostumista kokonaisuudesta ja sen ratkaisuvaihtoehdoista.

Mallikokonaisuuden osat, arviointivaiheet ja erimuotoiset tulokset pohdintoineen on kuvattu tämän raportin aiemmissa luvuissa. Toistaiseksi minkään työvaiheen tueksi ei ole kehitetty varsinaisella käyttöliittymällä varustettua ohjelmistoa, vaan arvioinnit, laskennat ja tulokset on toteutettu tilanteisiin tarpeiden mukaan räätälöidyillä taulukoilla, ohjelmakoodeilla ja kuvaajilla. Kaikki työn aikana kehitetyt keskeiset tiedostot on tallennettu projektin sähköiseen arkistoon ja toimitettu tilaajalle. Työn aikana on myös ideoitu mahdollisen ohjelmistotyökalun ominaisuuksia ja käyttöliittymää, mutta ohjelmiston määrittelyä tai muuta tarkempaa kuvausta ei ole tehty.

Mallin täysimittainen soveltaminen on varsin työlästä ja sen lopullisia hyödyntämismuotoja ei ole määriteltä tarkasti. Toki kaikkein työläimmät vaiheet, eli tuotteiden, indikaattoreiden ja mittareiden määrittelyt sekä fyysisen tilan kehityksen ja vaikutusten arvioinnit tehdään periaatteessa vain kerran. Erilaisten tulosten laskenta ja analysointi on varsin nopeaa. Erilaisia tuloksia tulee kuitenkin paljon, ja niiden hyödyntäminen edellyttää tulkintakykyä malliin perehtyneeltä päätöksentekijältä ja/tai päätösanalyysiasiantuntijalta. Tulosten hyödyntäminen on tehokkaimmillaan keskustelutyypisissä työpajoissa, joissa voidaan tarkastella erilaisten ohjausparametrien vaikutuksia tuloksiin ja muodostaa tuoreita näkemyksiä rahoituksen jaon mahdollisista muutostarpeista ja -keinoista. Laskennan pyörittäminen on mahdollista tietopalvelutyypisesti nykyisilläkin ohjelmakoodeilla ja esityspohjilla, mutta erilaisten tulosvariaatioiden suuri määrä ja vuorovaikutteisen työpajatyöskentelyn mahdollistaminen puoltaisivat tarvetta automatisoidummalle sovellukselle.

Mallin kehitystyön loppuvaiheessa ideoitiin vaihtoehtoisia, hieman kevyempiä hyödyntämismuotoja verkkotason vaikutusten ja trade-offien tarkasteluun. Yksi lupaavan oloinen idea on nk. **"mitä saa miljoonalla"** -taulukko, johon koostettaisiin tuotekohtaiset arviot siitä, (1) mitä toimenpiteitä tuotteen sijoitettavalla vuotuisella miljoonalla lisäeurolla tehtäisiin, (2) miten tuotteen fyysinen tila kehittyisi verrattuna ilman lisärahaa ennustettavaan tilanteeseen, ja (3) millaisia eroja fyysisen tilan muutoksesta seuraa eri vaikutusmittareilla mitattuna. Arvioinnin peruseriaate olisi samankaltainen kuin laskentamallin tuotearviointissa sillä erotuksella, että jokaisen tuotteen osalta arvioitaisiin yhden lisämiljoonan aikaansaamia vaikutuksia. Arviointi voitaisiin tehdä saman tuotteen alla muutamalle eri osaverkolle, mikä laajentaisi arvioinnin näkökulmaa erittelemään esimerkiksi toiminnallisten luokkien väliset erot keskimääräisissä liikennemäärissä ja teiden ominaisuuksissa.

Kevennetyssä hyödyntämisessä arvioinnin tuloksia ei välttämättä vietäisi yhdistettäväksi laskentamalliin, vaan tuotteiden väliseen rahanjakoon liittyviä trade-offeja voitaisiin analysoida suoraan **"mitä saa miljoonalla"** -taulukosta. Arviointimenettelyn tuloksena taulukon luvut edustaisivat jokaisen tuotteen ja osaverkon osalta yhdellä miljoonalla aikaansaattavia vaikutuksia, jotka olisi kuvattu yhtenäisillä vaikutusmittareilla. Näin ollen taulukosta nähtäisiin mistä tuotteista saadaan suurin vaikutus kullekin vaikutusalueelle, ja toisaalta kuinka paljon eri vaikutuksia menetetään parhaaseen vaihtoehtoon verrattuna sijoitettaessa lisäraha esimerkiksi alemmalle tieverkolle. Tällaisen tarkastelun avulla voitaisiin myös päästä systemaattisesti kiinni niihin arvoasetel-

miin ja perusteluihin, joiden johdosta rahoitusta käytännössä ohjataan myös vaikutusmittareiden perusteella kannattamattomille tuotteille ja alueille.

Taulukko 11 on mallin kehitystyön nykyistä tilannetta kuvaava nk. SWOT-arviointi (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats; vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet, uhat). Mallista ja sen hyödyntämisestä löytyy selkeästi kaikkia SWOT-arvioinnin osa-alueita. Taulukossa esiin nostettuja näkökulmia kannattaa peilata suhteessa vaihtoehtoihin ja nykyisin käytössä oleviin rahanjaon menetelmiin ja menettelytapoihin.

Taulukko 11: Mallin SWOT-arviointi. Taulukko edustaa mallin kehittäjien esiin nostamia näkemystä mallin tilanteesta raportin laatimishetkellä.

<p><u>Vahvuuksia</u></p> <p>Kattaa kaikki perustienpidon tuotteet ja 3/4 rahoituksesta.</p> <p>Verkkotason vaikutusten arviointiin luotu periaate ja menetelmä.</p> <p>Vaikutusten suora suuruusluokka-arviointi mahdollista.</p> <p>Vaikutusalueiden yhdistämiseen ja painottamiseen luotu menetelmä.</p> <p>Välitön tekninen valmius optimointitulosten laskentaan ja esittämiseen.</p> <p>Epätäydellisen informaation hyödyntäminen ja vaihteluvälityyppiset "joustavat" tulokset.</p> <p>Perusteellinen kehitystyö ja kytkenät monitavoitteisen päätösanalyysin uusimpaan akateemiseen tutkimukseen.</p> <p>Mallin tulokset eivät ole "musta-valkoisia" rahoituksen jakokaavoja.</p> <p>Tuloksista saadaan analyttistä tukea hiljaisesti tunnetuille ilmiöille.</p>	<p><u>Heikkouksia</u></p> <p>Vaikutusalueiden ja -mittareiden määrittely osin keskeneräinen.</p> <p>Luotettavien arviointien tekeminen haastavaa (mallista riippumatta).</p> <p>Mallirakenne ei tue rahoitustasojen dynaamista muuttumista.</p> <p>Osaverkkojen tai alueiden välistä jakoa ei tarkastella (olisi periaatteessa mahdollista).</p> <p>Ei yleiskäyttöistä ohjelmistoa, käyttö vaatii erikoisasiantuntemusta.</p> <p>Mallin ja tulosten käyttäjien ja käyttötapojen suunnittelu keskeneräinen.</p> <p>Mallin laajuudesta johtuen sen sisäistäminen voi olla haastavaa (vaikka yksittäiset osat on pyritty luomaan mahdollisimman selkeiksi).</p> <p>Mallin tulokset eivät ole "musta-valkoisia" rahoituksen jakokaavoja.</p> <p>Tuloksia saatetaan pitää itsestään selvinä vailla uutta lisäarvoa.</p>
<p><u>Mahdollisuuksia</u></p> <p>Työkalu perustien(väylän)pidon strategisten linjausten tueksi.</p> <p>Työkalu rahoituksen leikkausten ja lisäysten kohdentamiseen.</p> <p>Tulokset voivat tukea jo tunnistettujen muutostarpeiden perustelua.</p> <p>Verkkotason vaikutusten ja vaikuttavuuden arvioinnin kehitystyö.</p> <p>Myös kevennetyt hyödyntämisuodot, esim. "mitä saa miljoonalla".</p>	<p><u>Uhkia</u></p> <p>Mallia pidetään liian monimutkaisena ja haastavana.</p> <p>Mallin periaatteita ei ymmärretä eikä tuloksia siten hyväksytä.</p> <p>Mittareista ja määrittelyistä ei päästä yhteisymmärrykseen.</p> <p>Arviointien luvut ja/tai menettelytavat kyseenalaistetaan.</p> <p>Mallille ja tuloksille ei löydy sopivia käyttäjiä ja käyttötapoja.</p>

Työssä esitelty malli on varsin perusteellisen kehitystyön tuloksena rakennettu kompromissi. Monia tärkeiksi tunnistettuja ominaisuuksia on jouduttu karsimaan mallinnuksen ulkopuolelle, mutta malli on silti hyvinkin monitahoinen. Mallinnettava kokonaisuus ja siihen liittyvä päätöksentekoasetelma on niin haastava, että tyhjentävän ja "täydellisen" mallin tavoittelu ei edes ole realistista ainakaan yksittäisessä kehityshankkeessa. Tässä työssä on kuitenkin otettu pitkä askel oikeaan suuntaan. Mallinnuskonsepti ja mallirakenteen osat ovat tarkoituksellisesti modulaarisia ja avoimia, eli niitä voidaan hyödyntää ja kehittää eteenpäin yhdessä tai erikseen.

6.2 Kehitys- ja tietotarpeet

Työssä on myös ideoitu lukuisia kehitystarpeita ja ajatuksia, joista osa liittyy suoraan nykyisen malliin ja osa verkkotason vaikuttavuuden hallinnan ja rahoituksen jaon tematiikkaan yleisemmin.

Nykyisessä mallissa jatkokehitystä vaativat ainakin:

- Kaikkien tuotteiden mallinnettavan sisällön ja fyysisen tilan indikaattoreiden tarkka määrittely. Nyt osa tuotteista on keskeneräisiä, mikä mahdollistaa suoran suuruusluokka-arvioinnin, mutta ei perusteellista arviointia.
- Vaikutusalueiden ja -mittareiden määrittelyn avaaminen. Määrittelyssä voidaan hyödyntää esimerkiksi Value Focused Thinking -lähestymistapaa (Keeney, 1992), jossa päätöstilanteen tavoiteasetantaa ja arvomaailmaa operationalisoidaan systemaattisen ajatteluprosessin tukemana. Ajattelussa voidaan hyödyntää myös tämän mallin tuloksia esimerkiksi hakemalla vasta-argumentteja laskentatulosten toteuttamiskelpoisuudelle. Näitä argumentteja voisivat olla vaikkapa "puuttuvat" vaikutusalueet, jotka siis "löydetäisiin" tämän argumentoinnin seurauksena, tai muita toteuttamisen reunaehtoja, joiden mielekkyyttä voitaisiin sitten puntaroida.
- Tuotteiden perusteellisten arviointiprosessien toteuttaminen ja/tai suoran suuruusluokka-arvioinnin menettelytavan tarkka ohjeistaminen.
- Tulosten hyödyntämismuotojen niiden toteutustapojen kehittäminen. Kehitystarpeita liittyy niin käyttötarkoitusten ja henkilöiden tarkentamiseen kuin erilaisten analyysien teknisen toteutuksen vakioimiseenkin.

Mallinnuksen yhteydessä on havaittu myös selkeitä tietopuutteita, jotka ovat mallin kannalta varsin merkittäviä ja osin yllättäviäkin:

- Joidenkin tuotteiden tarkasta toteutussisällöistä ja niihin kohdistetusta rahoituksesta on vaikeaa löytää tietoa. Hoidon alueurakoissa hankittavien töiden ja virallisen tuotemäärittelyn välinen kirjanpidollinen yhteys vaikuttaa ontuvalta, joten esimerkiksi varusteiden ja laitteiden tai kesähoidon eri osa-alueisiin kohdistettavan rahoituksen nykytilan selvittäminenkin on hankalaa. Hoidon alueurakoissa hankittavat työt muodostavat kuitenkin suurehkon osan perustienpidon rahoituksesta ja myös virallisista tuotemäärittelyistä. Näiden tuotteiden ohjaaminen ja mallintaminen vaatisi nykyistä parempaa ja helpommin saatavaa tietoa niiden tilasta.
- Fyysisen tilan ennustamiseen ja niistä seuraavien vaikutusten arviointiin liittyvä tietämys on monen tuotteen osalta vielä varsin heikkoa. Minkä tahansa analyttisen ohjausmekanismin toimivuus ja sen tulosten luotetta-

vuus on riippuvaista ketjun rahoitus – fyysinen tila – vaikutukset hallinnan tasosta. Ongelma on toki erittäin haastava, mutta esimerkiksi monitavoiteinen mallintaminen on periaatteessa turhaa, jos mallinnettavan tilanteen teknisiä perusrakenteita ei tunneta edes tyydyttävällä tasolla.

Mahdollisia pidemmän tähtäimen kehityskohteita ovat myös laskentaohjelmiston ja käyttöliittymän kehittäminen sekä tuotteiden vaikutuspotentiaaleihin liittyvän epävarmuuden mallintaminen. Ensin kannattaa kuitenkin keskittyä nykyisen mallin kehitystarpeisiin. Tämän työn kokemusten perusteella voidaan todeta, että mahdolliset jatkokehitysprojektit kannattaa raamittaa tiukasti tietyn osakokonaisuuden ympärille. Konseptin, mallin, arviointien ja laskentatoteutuksen yhtäaikainen kehittäminen on ollut äärimmäisen haastavaa. Työn tuloksena syntynyt rakenne mahdollistaa kuitenkin jatkossa kokonaisuuteen sidottujen osien erillisen ja siten selkeämmin raamitettavissa olevan jatkokehittämisen.

6.3 Suositukset

Tämän työn tulosten ja kokemusten perusteella projektiryhmä suosittelee rahoituksen allokointiin liittyvän (monitavoite)mallintamisen ja vaikutusten hallinnan edistämisen seuraaviksi kehitysaskeleiksi:

1. Perusväyläpidon verkkotason tavoitteiden operationalisoinnin suunnittelu ja perusteellisempi toteutus. Operationalisoinnilla viitataan tässä väyläpidon rahoituksella ja toimenpiteillä saavutettavien vaikutusten konkretisointiin, näiden mittaamisen ja mittareiden määrittelyyn sekä tavoiteasetantaan. Työssä voidaan hyödyntää Tiehallinnon hanketason vaikuttavuuden arvioinnin menetelmän ja vaikutuskartan rakentamisessa luotuja lähestymistapoja ja/tai edellä kuvattua Value Focused Thinking -lähestymistapaa (Keeney, 1992). Prosessiin tulisi saada mukaan myös johtotason henkilöitä eri vaikutusalueilta. Tavoitteiden operationalisointi tukee koko mallinnuskonseptin kehittymistä ja voi tuottaa myös esimerkiksi SAMPO-järjestelmän toiminnanohjausominaisuuksissa hyödynnettävissä olevia mittaristoja.
2. Nykyisen mallin tuotteiden perusteellisten arviointien toteutus. Tämä edellyttää loppujenkin tuotteiden sisältöjen ja tilaindikaattoreiden tarkentamista, rahoitustasojen vaihteluvälien määrittämistä, ja ketjujen rahoitus – fyysinen tila – vaikutukset systemaattista arviointia. Arviointi on suositeltavaa toteuttaa siten, että sen tuloksia voidaan hyödyntää myös erikseen ”mitä saa miljoonalla” -taulukoina. Verkkotason vaikutusten arvioinnin kehittäminen tukee kokonaisvaltaisesti väyläpidon kvantitatiivisen ohjaamisen ja seurannan kehittymistä.

Työssä kehitetyn laskentamallin toimintavalmius on nykyiseen käyttöön riittävällä tasolla. Laskennan ja työkalujen kehitystä suositellaan harkittavaksi yllä listattujen kehitysvaiheiden valmistuttua.

Osittain tämän työn motivoimana on vuoden 2010 alussa käynnistymässä kaksi päällekkäistä T&K-hanketta: ”Vaikutusakselioiden yhdistäminen tiehankkeiden arvioinnissa” ja ”Ohjelmaston vaikuttavuuden arvioinnin menettelyn ja menetelmän kehittäminen”. Etenkin jälkimmäisen työn alustava sisältö liittyy hyvin vahvasti yllä suositeltuihin kehitysvaiheisiin. Työn ensisijainen kytkeä on kuitenkin sen rinnalla pyörivä PTS-työ, joten hanketta ei voida raa-

mittaa suoraan tässä esitettyjen suositusten toteuttamiseen. Vaikutusakseli-
en yhdistämisen konteksti on puolestaan hanketason arviointi, joten sekään
ei pyri suoraan palvelemaan verkkotason arvioinnin kehitystä.

Suosittelujen kehityskohteiden mahdollisessa toimeenpanossa tuleekin huo-
mioida näiden käynnistymässä olevien T&K-hankkeiden sisällön täsmenty-
minen ja mahdollisesti myös niiden tulevat tulokset. Jatkon suunnittelussa
tulee kuitenkin huomioida, että suositellut kehityskohteet ovat sisällöllisesti
varsin mittavia, eikä niitä siten kannata välttämättä upottaa osaksi muita
hankkeita. Kokonaisuuden asteittainen parantaminen edellyttää sopiviksi pa-
loiksi pilkottua pitkäjänteistä kehitystyötä. Tämän kehityspolun suunnittelua
helpottaisi myös jonkinlaisen vision määrittely, jossa kuvattaisiin vaikutusten
hallinnan ja toiminnan ohjauksen menetelmille asetettava tavoitetila.

7 VIITTEET

Keeney, R.L., (1992). *Value-Focused Thinking*, Harvard University Press.

Keeney, R.L., Raiffa, H., (1976). *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-offs*. John Wiley & Sons.

Liesiö, J., Mild, P., Salo, A., (2008). Robust Portfolio Modeling with Project Interdependencies and Incomplete Cost Information, *European Journal of Operational Research*, Vol. 190, pp. 679-695.

Liesiö, J., Mild, P., Salo, A., (2007). Preference Programming for Robust Portfolio Modeling and Project Selection, *European Journal of Operational Research*, Vol. 181, pp. 1488 – 1505.

Mild, P., Salo, A., (2009). Combining a Multiattribute Value Function with an Optimization Model: An Application to Dynamic Resource Allocation for Infrastructure Maintenance, *Decision Analysis*, Vol. 6, pp. 139-152.

NCHRP, (2005). Analytical Tools for Asset Management, *NCHRP Report* 545.

NCHRP, (2009). An Asset-Management Framework for the Interstate Highway System, *NCHRP Report* 632.

Salo, A., Hämäläinen, R.P., (2009). Preference Programming – Multicriteria Weighting Models under Incomplete Information, Zopounidis, C., P.M. Pardalos (eds.), *Handbook of Multicriteria Analysis*, Springer.

Syke, (2008). Marttunen, M., Mustajoki, J., Verta, O-M., Hämäläinen, R.P.: Monitavoitearviointi vuorovaikutteisessa ympäristösuunnittelussa, *Suomen Ympäristö*, 11/2008.

Tiehallinto, (2006a). Mild, P.: Monitavoiteoptimointi siltojen korjausohjelman laatimisessa, *Tiehallinnon selvityksiä* 5/2006.

Tiehallinto, (2006b). Hokkanen, J.: Vaikuttavuuden arviointi, *Tiehallinnon selvityksiä* 12/2006.

Tiehallinto, (2007a). Goebel, A., Metsäranta, H.: Tienpidon vaikutuskartta, *Tiehallinnon selvityksiä* 1/2007.

Tiehallinto, (2007b). Mild, P.: Monitavoiteoptimointi tienpidon tuotteiden välisessä rahanjaossa, *Tiehallinnon selvityksiä* 11/2007.

Von Winterfeldt, D., Edwards, W., (1986). *Decision Analysis and Behavioral Research*, Cambridge University Press.

8 LIITTEET

Liite 1: Tuotteiden tilaindikaattorit

LIITE 1: TUOTTEIDEN TILAINDIKAATTORIT

Taulukko 12 esittää tuotteiden fyysisen tilan kuvaamiseen käytettävien indikaattorien kehittämisen tilanteen. Jokaiselle tuotteelle on pyritty määrittelemään 1-2 tilaindikaattoria. *Kursivoitu teksti* ja yksikkö-sarakkeen kysymysmerkki viittaavat siihen, että indikaattorin määrittely on keskeneräinen eikä tuotteita ole varsinaisesti arvioitu näitä kursivoituja indikaattoreita käyttäen. Indikaattorien määrittely on pahiten keskeneräinen varusteiden ja laitteiden sekä kesähoidon osalta.

Taulukko 12: Tuotteiden fyysisen tilan kuvaamiseen käytettävät indikaattorit.

Tuote	Fyysisen tilan kuvaamisen indikaattorit	Yksikkö
Päällystetyt tiet	Yhtenäisen kuntoluokituksen mukaisesti: 1. Huonokuntoinen (+ erittäin huono) tiepituus 2. Tyydyttäväkuntoinen tiepituus	km km
Sillat	Yhtenäisen kuntoluokituksen mukaisesti: 1. Huonokuntoiset (+ erittäin huonot) sillat 2. Tyydyttäväkuntoiset sillat	kpl kpl
Varusteet ja laitteet	Tuotteeseen kuuluvista ryhmistä kehitetty: 1. <i>Kaiteiden kunto ja ajanmukaisuus</i> 2. <i>Muut varusteet ja laitteet (liikennevalot, meluseinät, aidat, katokset...)</i>	? (km) ?
Liikenneympäristön parantaminen	Tunnettuun turvallisuustehokkuuteen perustuen: 1. Pieniin toimenpiteisiin kohdistettava rahoitus (oletetaan tehtävän tyypillisimpiä toimenpiteitä niiden keskimääräisellä tehokkuudella)	€
Soratiet (ylläpito ja hoito)	Sorateiden uusien toimintalinjojen mukaisesti: 1. <i>Pintakunnon laatuvaatimukset (kussakin soratietluokassa sallittu osuus kuntoarvoa 2 taksaisuudelle, kiinteydelle ja pölyävyydelle)</i> 2. <i>Rakenteellinen kunto (painorajoitusuhan alainen tiepituus tai runkokelirikkopituus)</i>	? (km) ? (km)
Talvihoito	Virallisen hoitoluokkamäärittelyn mukaisesti: 1. Hoitoluokissa Is, I, Ib, II ja III oleva tiepituus 2. <i>(Yöajan laatu eri hoitoluokissa)</i>	km (?)
Kesähoito	Tuotteeseen kuuluvista toimenpiteistä kehitetty: 1. <i>Liikenneympäristön hoidon taso (merkkien ja opasteiden kunto, puhtaanapidon laatuvaatimukset, viheralueiden hoidon laatuvaatimukset...)</i> 2. <i>Rakenteiden hoidon taso (rumpujen, reunakiveysten, piennarten ja siltojen hoito, kuivatus, päällysteiden paikkaukset...)</i>	? ?

ISSN 1459-1553
TIEH 3201152-v